ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 JUILLET 1958.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL MONTEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès survenu à Paris le 13 juillet, de M. **Maurice Caullery**. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances par M. **Pierre-P. Grassé**.

BOTANIQUE. — *L'origine des Angiospermes.*
Note (*) de M. **Henri Gaussen**.

Trois grands phylums sont sans doute à distinguer : Les Magnoliales dérivant des Pentoxylées, les *Pæonia* et peut-être les Ranales dérivant des Caytoniales, les Casuarinales dérivant des Articulales.

En 1946, dans mon Ouvrage sur les Gymnospermes ([1]), j'ai proposé une filiation conforme aux lois de l'évolution et qui fait dériver les Caytoniales d'un type de Ptéridospermées. L'évolution se poursuivant, l'appareil femelle de Caytoniale peut donner un organe que j'appelle carpelloïde ressemblant à une feuille composée pennée dont les pennes seraient remplacées par des ovules plus ou moins campylotropes ou anatropes à deux téguments. Un type analogue ayant été étudié par Velenovsky dans une gousse tératologique déroulée, j'en avais conclu que la gousse des Légumineuses peut dériver des Caytoniales et dans un article récent ([2]) je croyais prudent d'écrire : « La solution proposée n'est sans doute valable que pour l'origine des Légumineuses. D'autres groupes sont à l'origine d'autres Angiospermes, considérées de plus en plus comme polyphylétiques ». Je songeais essentiellement à l'origine possible des Magnoliales chez les Pentoxylées, origine dont j'ai parlé ici même en 1949 ([3]).

Il s'agit là uniquement de l'appareil femelle. J'ai montré que la dérivation des étamines était possible des Caytoniales aux Angiospermes. On ne connaît pas, à ma connaissance, l'appareil mâle des Pentoxylées.

Le Professeur Stebbins est arrivé de son côté à des idées analogues pour l'origine dans les Caytoniales et me signale (*in litt.*) les objections suivantes :

1° Le pollen des Caytoniales a des sacs aérifères, les Légumineuses n'en ont pas.

2° Les Légumineuses ont un bois très évolué, et sont visiblement apparentées aux Rosales et ne constituent pas un groupe à part.

J'ajoute de mon côté une troisième objection.

3° Les Légumineuses ont des fleurs hermaphrodites alors que les sexes sont séparés chez les Caytoniales.

Étudions ces trois objections :

1° Le pollen des Pins a des sacs aérifères et ils disparaissent chez les descendants des Pins : *Larix* et *Pseudotsuga*. Il semble qu'on puisse suivre une évolution depuis les Cordaïtes faisant perdre les sacs. Il est donc normal que les descendants des Caytoniales n'aient pas de sacs. L'objection me paraît levée.

2° Ici je crois que j'ai fait fausse route. La ressemblance du carpelloïde dérivant des Caytoniales avec une gousse de Légumineuse est certaine, mais elle est aussi forte avec un follicule de Pivoine incomplètement fermé. Je dirai même qu'elle est plus forte, car un follicule est manifestement une feuille repliée soudée par ses bords. La gousse aussi, mais son ouverture par deux fentes indique un état plus évolué.

Si je parle de Pivoine c'est que, en 1957, Yakovlev et Yoffe ([4]), ([5]) ont montré une phase cénocytique dans l'embryogénie des *Pæonia* qui seraient les seules Angiospermes à posséder ce caractère gymnospermique dont le sens d'évolution est manifestement vers la disparition.

Si les Caytoniales donnaient les Pæoniales, les Angiospermes dérivées commenceraient par un groupe primitif, ce qui est plus satisfaisant que de mettre un ancêtre à gousse donnant le groupe hautement évolué des Légumineuses.

Notons de plus, que la feuille de Pivoine a quelque analogie avec celle des Caytoniales; cet argument est de peu de valeur car la nervation serait à étudier.

Sans abandonner absolument l'idée d'une dérivation directe possible des Légumineuses (les Rosacées dérivant alors d'un ancêtre à gousse), je crois qu'il est plus logique d'imaginer la dérivation des *Pæonia*.

Rappelons que les *Pæonia* ont des ponctuations aréolées du type cycadéen, on y trouve des ponctuations scalariformes. [*Voir* des indications et des illustrations dans l'étude de Mlle Th. Davezac ([6])].

3° La troisième objection vaut pour *Pæonia* aussi bien que pour les Légumineuses.

Nous ne savons pas de façon très certaine si les Caytoniales étaient monoïques ou dioïques. Mais l'exemple des Bennettitales montre que la fleur hermaphrodite s'était déjà produite aux temps secondaires.

Il est évidemment plus facile d'imaginer qu'un pied dicline puisse voir se rapprocher l'inflorescence mâle de l'inflorescence femelle et le tout se contracter pour donner une fleur hermaphrodite ou une cyathe, comme chez les Euphorbiacées, que d'imaginer qu'un pied mâle et un pied femelle s'unissent.

Mais, même dans une plante dioïque, il est fréquent que l'organe d'un sexe ait des souvenirs plus ou moins apparents des dispositions de l'autre sexe et l'on peut imaginer qu'un pied monosexué devienne bisexué, par retour ancestral, ce qui ramène au type monoïque. Qu'on songe aux Cycas qui, bien que dioïques, peuvent présenter successivement les deux sexes sur un même pied.

Les exemples de contraction d'inflorescences en fleurs ou de soudures d'éléments simples sont fréquents et j'ai insisté sur les phénomènes de surévolution qui créent un organe compliqué par soudure d'éléments simples résultant d'une évolution poussée.

J'ai considéré que les Pentoxylées étaient un remarquable exemple de ce type de soudure. La tige des Cycas en est un autre et il est intéressant de constater que le pédoncule floral des Pivoines se prête facilement à une interprétation de ce genre, elle présente un stade de soudures à rapprocher de celui des Pentoxylées [6].

En conclusion, il ne semble pas qu'il y ait des obstacles majeurs à faire dériver les ancêtres des *Pæonia* actuels des Caytoniales sans abandonner l'idée que les *Magnolia* peuvent avoir une origine dans les Pentoxylées.

Si, et ici c'est une simple hypothèse, on considère que les ancêtres des *Pæonia* ont pu évoluer vers les formes herbacées du type Ranale on aurait peut-être chez l'ancêtre pentoxylé des Magnoliales et l'ancètre Caytoniale des Ranales, les deux têtes de file des deux grands phylums qui sont à la base des idées d'Hutchinson. J'ajouterai qu'il faut mettre à part les Casuarinales qui dérivent sans doute des Articulales comme je l'ai proposé [3].

Dans le tableau que j'ai publié en 1952 il y aurait donc à déplacer l'origine Caytoniale et à la porter à gauche du tableau. Il deviendrait ainsi beaucoup plus satisfaisant [7].

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) *Trav. du Lab. forest. de Toulouse*, 2, 1er Son., 1, chap. V, 1946, p. 15, *fig.* 130 et 131.

(2) *Clartés. Êtres vivants, végétaux et animaux*, 1958, p. 4070.

(3) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1163.

([4]) *Phytomorphology*, 7, 1957, p. 74-82.

([5]) *Bot. Zh. S. S. S. R.*, 42, 1957, p. 1491-1502.

([6]) *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 92, 1957 et *Trav. du Lab. forest. de Toulouse*, 1, 5, art. 34, 1957.

([7]) *Colloque intern. C. N. R. S. sur l'évolution et la phylogénie des Végétaux*, Paris, 1952, p. C. 218, et *Ann. Biol.*, 28, fasc. 7-8.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie, de la part de M. **Julien Cain**, Membre de l'Académie des Beaux-Arts, Directeur général des Bibliothèques de France, l'*Inventaire des périodiques soviétiques* reçus en France par les Bibliothèques et les Organismes de documentation en 1957, publié sous sa Direction.

M. **Louis Fage** adresse à l'Académie le *Manuel de planctonologie méditerranéenne*, tome 1 et 2, par Grégoire Trégouloff et Maurice Rose dont il a écrit la préface.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Congrès géologique international. Commission de stratigraphie. *Lexique stratigraphique international.* Volume I, *Europe* sous la direction de Pierre Pruvost : Fascicule 5 : *Allemagne*, sous la direction de A. Bentz ; Fascicule 5*d*2 ;

2° Id. Volume II, *U. R. S. S.*, sous la direction B. K. Likharev : fascicule 2 ;

3° *Bibliography of the Silesian zoology*. Part III (1935-1950), by Ferdinand Pax ;

4° La Academia Mexicana de Cirugia. *Su genesis y trascendencia*, par Manuel A. Manzanilla ;

5° *Systematic and experimental studies on protozoal blood parasites of egyptian birds*. Volumes I et II, by A. H. Helmy Mohammed.

Transformations ponctuelles. — *Un critère d'univalence des transformations dans un* R^n. Note (*) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Si $f'(x)$ existe dans l'intervalle $J = \langle a, b \rangle$, une condition suffisante d'univalence de la transformation $y = f(x)$ consiste en ce que $f'(x)$ soit ou

bien partout >0 ou bien <0. Cette condition peut être exprimée dans la forme suivante :

Il existe un x_0 dans J tel que

$$\left|\frac{f'(x)}{f'(x_0)} - 1\right| < 1 \tag{1}$$

pour tout x dans J.

Dans cette forme notre condition peut être généralisée dans un R^n en y remplaçant J par un domaine *convexe* en R^n, $f'(x)$ par la matrice jacobienne de la transformation et le module par une norme matricielle.

2. Pour un vecteur ξ en R^n une norme générale $|\xi|$ est définie par les trois postulats

$$|\xi| > 0 \qquad (\xi \neq 0); \tag{I}$$

$$|c\xi| = |c|.|\xi| \qquad \text{pour chaque scalaire } c; \tag{II}$$

$$|\xi + \eta| \leq |\xi| + |\eta|. \tag{III}$$

Alors, si A est une matrice générale carrée d'ordre n, nous définissons une *norme matricielle* $\|A\|$ *correspondant à* $|\xi|$ par le postulat

$$|A\xi| \leq \|A\|.|\xi|,$$

pour un vecteur quelconque de R^n. Si $|\xi|$ est la longueur euclidienne, on peut prendre $\|A\| = \left(\sum_{i,k} |a_{ik}|^2\right)^{\frac{1}{2}}$, où les a_{ik} sont les éléments de A. On peut poser par exemple

$$\|A\| = S(A) = \sup_{\xi \neq 0} \frac{|A\xi|}{|\xi|},$$

S(A) est la norme matricielle minimum correspondant à $|\xi|$. Elle est une fonction continue de A et satisfait à l'inégalité triangulaire

$$S(A + B) \leq S(A) + S(B).$$

3. Théorème 1. — *Soit* C *un domaine convexe dans* R^n *et*

$$\Xi = F(X) \tag{2}$$

une transformation continue et aux dérivées premières continues dans C. *En posant*

$$\Xi = (\xi_1, \ldots, \xi_n), \qquad X = (x_1, \ldots, x_n),$$

on a

$$\xi_\nu = F_\nu(x_1, \ldots, x_n) \qquad (\nu = 1, \ldots, n).$$

Soit $\Delta(X) = (\partial F_\mu(X)/\partial x_\nu)$ *la matrice jacobienne correspondant à* (2); *supposons qu'il existe en* C *un point* Y *et une norme matricielle correspondant à* $|\xi|$, $\|A\|$, *telle qu'on ait pour tout* X *dans* C :

$$\|E - \Delta(X)\Delta(Y)^{-1}\| < 1, \tag{3}$$

E *étant la matrice-unité. Alors la transformation* (2) *est univalente dans* C.

4. *Démonstration.* — Supposons que dans les conditions du théorème on ait deux points différents dans C, $X_0 \neq X_1$ avec $F(X_0) = F(X_1)$. Posons $X_1 - X_0 = U$ et considérons le segment de droite

$$X_t = X_0 + tU \qquad (0 \leqq t \leqq 1),$$

situé entièrement dans C. On vérifie immédiatement les relations

$$\frac{dF(X_t)}{dt} = \Delta(X_t)\,U, \tag{4}$$

$$F(X_1) - F(X_0) = \int_0^1 \Delta(X_t)\,dt\,U = 0 \quad (^1). \tag{5}$$

Il en résulte pour une matrice constante A non singulière en posant $AU = \xi \neq 0$,

$$\int_0^1 (E - \Delta(X_t)\,A^{-1})\,dt\,AU = AU. \tag{6}$$

Or, supposons qu'on ait

$$S(E - \Delta(X_t)\,A^{-1}) < 1 \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq t \leqq 1.$$

On a alors

$$S\left[\int_0^1 (\Delta(X_t)\,A^{-1} - E)\,dt\right] < 1,$$

$$\left|\int_0^1 (\Delta(X_t)\,A^{-1} - E)\,dt\,\xi\right| < |\xi|$$

et (6) est impossible. En remplaçant A par $\Delta(X)$ notre théorème est démontré.

5. Le théorème suivant a été utilisé implicitement dans la démonstration de G. Kowalewski du théorème d'existence des fonctions inverses pour le cas de la norme $|\xi|$ euclidienne ([2]) et dans le cas de la norme $|\xi| = \mathrm{Max}\,|x_\nu|$ par M. Yamabe (*loc. cit.*).

6. Théorème 2. — *Considérons une transformation* (2) *continue et aux dérivées premières continues dans un voisinage d'un point* X_0 *dans* R^n *et supposons que le jacobien* $|\Delta(X_0)|$ *soit* $\neq 0$ *en* X_0 *et que l'expression* $|F(X)|$ *admet un extremum dans* X_0. *Alors on a*

$$|F(X_0)| = 0. \tag{7}$$

7. *Démonstration.* — Posons

$$F(X_0) = \omega, \qquad |\omega| = p, \qquad A = \Delta(X_0) \tag{8}$$

et supposons que p soit > 0. Pour un $\varepsilon \neq 0$ avec $|\varepsilon|$ suffisamment petit considérons le segment de droite

$$X_t = X_0 + t\varepsilon A\omega \qquad (0 \leqq t \leqq 1). \tag{9}$$

Par (5) on a

$$\left\{\begin{aligned} & F(X_1) - \omega = \int_0^1 \Delta(X_t)\,A\,dt\,\varepsilon\omega, \\ & F(X_1) = \int_0^1 [\Delta(X_t)\,A - E]\,dt\,\varepsilon\omega + (1+\varepsilon)\,\omega. \end{aligned}\right. \tag{10}$$

On peut supposer qu'on ait pour chaque X_i la relation $S[\Delta(X_i)A - E] < 1/2$. Il résulte alors de (10)

$$\left(1+\varepsilon-\frac{1}{2}|\varepsilon|\right)p \leq |F(X_1)| \leq \left(1+\varepsilon+\frac{1}{2}|\varepsilon|\right)p.$$

En choisissant $\varepsilon < 0$ et > 0 on voit que $|F(X_1)|$ admet des valeurs $< p$ et $> p$ dans chaque voisinage de X_0. Le théorème est établi.

8. En appliquant le théorème 1 à la transformation conforme entre deux plans on obtient en particulier le résultat :

Si $f(z)$ est holomorphe dans un domaine convexe C du plan des z, $f(z)$ est univalent en C s'il existe un z_0 dans C tel qu'on ait pour tout z dans C

$$\left|\frac{f'(z)}{f'(z_0)} - 1\right| < 1.$$

Toutefois, ce résultat est un cas spécial d'un théorème plus général :

$f(z)$, supposée holomorphe et non constante dans un domaine convexe C y est univalente, si toutes les valeurs de $f'(z)$ sont situées dans un demi-plan contenant l'origine à la frontière.

(*) Séance du 24 mars 1958.

(1) *Cf.* la Note de M. Hijdehiko Yamabe, *Amer. Math. Monthly*, 64, 1957, p. 726, où M. Yamabe utilise les formules (4) et (5) pour simplifier la démonstration de Kowalewski du théorème d'existence des fonctions inverses.

(2) G. Kowalewski, *Einführung in die Determinantentheorie*, Leipzig, 1909, p. 303.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les corps viscoélastiques linéaires dont les propriétés dépendent de l'âge.* Note (*) de M. **Jean Mandel**, transmise par M. René Thiry.

Dans des Notes antérieures (1) nous avons montré que la transformation de Carson ramène les problèmes relatifs aux corps viscoélastiques linéaires à des problèmes d'élasticité. Nous supposions les propriétés du milieu invariables au cours du temps. Nous examinons maintenant le cas d'un matériau dont les propriétés dépendent de l'âge (béton par exemple). La transformation de Carson ne conduisant ici à aucun résultat, nous indiquons un autre procédé qui ramène à nouveau à la théorie de l'élasticité.

Soit F une force appliquée à un corps viscoélastique, q une variable caractérisant sa déformation. Le corps peut se déformer sans qu'aucune force lui soit appliquée (retrait); ce que nous désignons par q dans ce qui suit, c'est la déformation mécanique, c'est-à-dire celle que produit la force F.

Si F, appliquée à l'instant τ, est maintenue constante ensuite, on a

(1) $$q = Ff(t, \tau) \qquad [f(t, \tau), \text{ fonction de fluage}].$$

Si F est variable, on aura par application du principe de Boltzmann et en choisissant une origine des temps antérieure à l'application de la force :

$$(2) \qquad q=\int_0^t f(t, u)\, dF(u) \qquad \text{(intégrale de Stieltjes).}$$

Si, à l'instant τ, on impose une déformation q maintenue constante ensuite on a

$$(3) \qquad F = qr(t, \tau) \qquad [r(t, \tau), \text{ fonction de relaxation}]$$

et dans le cas où la déformation imposée est variable :

$$(4) \qquad F=\int_0^t r(t, u)\, dq(u).$$

Les relations (2) et (4) constituent des opérations linéaires sur $F(t)$ et $q(t)$, opérations de même forme mais dépendant de deux fonctions différentes $f(t, \tau)$ et $r(t, \tau)$ respectivement. Si l'on introduit dans l'équation (2) la force définie par la relation (3), on est amené à effectuer l'opération sur une fonction $\varphi(t, \tau)$ de deux variables, la deuxième variable jouant seulement le rôle d'un paramètre, soit

$$\mathring{f}\varphi=\int_0^t f(t, u)\frac{\partial \varphi}{\partial u}(u, \tau)\, du,$$

$\mathring{f}$ désigne l'opérateur associé à la fonction $f(t, \tau)$. Agissant sur un échelon unité ($\varphi = 0$ pour $t < \tau$, $\varphi = 1$ pour $t > \tau$), il donne la fonction f.

Les opérateurs linéaires ainsi définis forment un corps. On définit en effet aisément la somme de deux opérateurs $\mathring{f}$ et $\mathring{g}$, leur produit (non commutatif-$\mathring{g}.\mathring{f}$ est l'opérateur associé à la fonction $\mathring{g}f$), l'opérateur identique $\mathring{1}$ ($f=1$); et tout opérateur $\mathring{f}$ autre que zéro possède un inverse $\mathring{g}$ (solution d'une équation intégrale de Volterra de deuxième espèce) tel que

$$\mathring{g}.\mathring{f}=\mathring{f}.\mathring{g}=\mathring{1}.$$

Les relations (2) et (4) s'écrivent alors

$$q=\mathring{f}F, \qquad F=\mathring{r}q$$

et l'on en déduit

$$\mathring{f}.\mathring{r}=\mathring{1}.$$

Soit maintenant un élément viscoélastique isotrope auquel est imposé à l'instant τ une déformation de tenseur e_{ij} maintenue constante ensuite. En vertu de l'isotropie le tenseur des contraintes sera défini par la relation :

$$t_{ij}=\lambda(t, \tau)\theta\delta_{ij}+2\mu(t, \tau)e_{ij}, \qquad \text{où} \quad \theta=\sum_i e_{ii}$$

(δ_{ij}, tenseur unité), où figurent deux fonctions de relaxation.

Pour une déformation imposée fonction de t, on aura donc

$$(5) \qquad t_{ij} = \mathring{\lambda}\theta\delta_{ij} + 2\mathring{\mu}\, e_{ij}.$$

On peut dès lors, en remplaçant les coefficients d'élasticité par des opérateurs, reprendre tous les calculs d'élasticité, dans la mesure où n'interviennent que des fonctions algébriques de ces opérateurs (cas de l'élastostatique). Il est nécessaire de reprendre ces calculs en détail pour préciser dans quel ordre doivent être écrits les facteurs dans un produit d'opérateurs. Par exemple, dans le cas d'une traction simple (t_{11} seule coordonnée non nulle du tenseur t_{ij}), on obtient

$$t_{11} = \mathring{E}\, e_{11}, \qquad e_{22} = e_{33} = -\,\mathring{\nu}\, e_{11},$$

en posant

$$\mathring{E} = (3\mathring{\lambda} + 2\mathring{\mu})(\mathring{\lambda} + \mathring{\mu})^{-1}\,\mathring{\mu}, \qquad \mathring{\nu} = \frac{1}{2}(\mathring{\lambda} + \mathring{\mu})^{-1}\,\mathring{\lambda}.$$

La fonction associée à l'opérateur $(\mathring{E})^{-1} = \mathring{J}$ est la fonction de fluage en traction simple $J(t, \tau)$.

Résolues par rapport aux déformations les équations (5) s'écrivent

$$e_{ij} = (1 + \mathring{\nu})\,\mathring{J}\, t_{ij} - \mathring{\nu}.\mathring{J}\, S\,\delta_{ij}, \qquad \text{où} \quad S = \sum_i t_{ii}.$$

Enfin les équations de Beltrami s'écrivent en l'absence de forces de masse

$$\frac{\partial^2 S}{\partial x_i \partial x_j} + (1 + \mathring{\nu}')\,\Delta t_{ij} = 0,$$

avec

$$\Delta = \sum_i \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} \qquad \text{et} \qquad \mathring{\nu}' = \frac{1}{2}\mathring{\lambda}(\mathring{\lambda} + \mathring{\mu})^{-1} \neq \mathring{\nu}.$$

Dans toute question où n'intervient qu'un seul opérateur les formules d'élasticité s'appliquent sans qu'il soit nécessaire de reprendre le détail des calculs, puisque l'opérateur en question commute avec lui-même et avec son inverse.

A titre d'application, soit une poutre ou une structure fléchies. Le seul coefficient d'élasticité qui intervienne est le module d'Young E, et il intervient :

a. au dénominateur dans les formules donnant les déplacements. Donc, si par exemple des forces sont appliquées à la structure à l'instant τ, puis maintenues, les déplacements seront donnés par les formules de la résistance des matériaux en remplaçant simplement $1/E$ par $J(t, \tau)$, fonction de fluage en traction simple;

b. au numérateur dans les formules donnant les variations des réactions hyperstatiques à la suite d'un déplacement d'appui, ou d'une variation de température ou du retrait. Donc, si par exemple un déplacement d'appui ou

une variation de température se produisent à l'instant τ, les conditions physiques restant ensuite invariables, les variations des réactions et des contraintes seront données par les formules de la résistance des matériaux en remplaçant simplement E par $E(t, \tau)$, fonction de relaxation en traction simple.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) Notamment *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1910.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'écoulement de l'air à grande vitesse dans un tuyau de section circulaire.* Note (*) de M. **Roger Depassel**, transmise par M. Henri Villat.

La méthode générale de calcul de la couche limite turbulente que nous avons exposée dans la Note précédente (1) est la seule qui permette d'obtenir l'évolution des trois paramètres n, M et δ pour un profil en loi de puissance. Son inconvénient réside dans la longueur des calculs; en outre, le coefficient de dissipation demande à être confirmé par l'expérience. Aussi, bien que son importance soit capitale — au même titre que celle du coefficient de frottement — les méthodes approchées cherchent-elles à s'en affranchir en introduisant certaines hypothèses.

En ne conservant que l'équation intégrale de Karman et l'équation de continuité le système fondamental relatif à la couche limite turbulente est donné par

$$\frac{dd_2}{dx}+\frac{d_2}{\mathrm{M}}\frac{d\mathrm{M}}{dx}\frac{\mathrm{T}_\delta}{\mathrm{T}_i}\left(2+\frac{d_1}{d_2}-\mathrm{M}^2\right)=\frac{\tau_p}{\rho_\delta u_{\delta^2}},$$

$$d_1=\frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\rho u}\right).$$

En posant $d_1/d_2=\mathrm{H}$, on obtient

$$(1)\qquad \frac{1}{2\mathrm{H}}\frac{\mathrm{T}_\delta}{\mathrm{T}_i}\frac{1}{\mathrm{M}}\frac{d\mathrm{M}}{dx}\left(-\frac{\mathrm{H}+1}{\rho u}+2+\mathrm{H}-\mathrm{M}^2\right)-\frac{1}{2\mathrm{H}^2}\left(1-\frac{1}{\rho u}\right)\frac{d\mathrm{H}}{dx}=\frac{\tau_p}{\rho_\delta u_{\delta^2}}.$$

La méthode approchée de Young et Winterbotton (2) consiste à admettre H constant, égal à sa valeur relative au fluide incompressible, soit 1,4; le second terme de l'équation (1) est ainsi négligé. La figure ci-après montre que cette méthode donne des valeurs correctes mais situe le point de régime établi beaucoup trop en amont. Il apparaît donc comme essentiel de conserver l'équation (1) avec tous ses termes : c'est le but de la méthode nouvelle que nous proposons. L'hypothèse qu'il est nécessaire d'introduire est la suivante : la méthode de Young montre que M varie d'une manière sensiblement linéaire et nous supposons qu'il en est de même de n de sorte que $dn/d\mathrm{M}=\mathrm{Cte}$. La valeur de la constante est déterminée à la naissance de la couche limite, celle-ci

étant supposée entièrement turbulente. Pour $\delta = 0$,

$$H = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\delta^*_{n0}}{\theta_{n0}}, \qquad \text{d'où} \qquad d\delta^*_{n0} = H_0\, d\theta_{n0},$$

soit

$$\left(\frac{\partial\delta^*_n}{\partial n}\right)_0 dn + \left(\frac{\partial\delta^*_n}{\partial M}\right)_0 dM = H_0\left[\left(\frac{\partial\theta_n}{\partial n}\right)_0 dn + \left(\frac{\partial\theta_n}{\partial M}\right)_0 dM\right]$$

et

$$\left(\frac{dn}{dM}\right)_0 = \frac{H_0 . 2cM_0\psi_{n0} - \Phi_{n0}}{\Delta_{n0} - H_0\psi_{n0}}$$

et selon l'hypothèse faite

$$(2) \qquad n = n_0 + \left(\frac{dn}{dM}\right)_0 (M - M_0), \qquad \text{avec} \quad n_0 = 7.$$

Pour une suite de valeurs de M l'équation (2) donne n ; on peut alors calculer

$$H = \frac{\delta^*_n - \frac{1}{2}\delta^*_{2n}}{\theta_n - \frac{1}{2}\theta_{2n}}.$$

La courbe H(M) est assez régulière pour être approchée par une fonction de la forme $H = a_1 + b_1 M + c_1 M^2$ qui donne $dH/dM = b_1 + 2c_1 M$ et l'équation (1) peut s'intégrer.

Quant au régime d'écoulement qui fait suite au point de régime établi, on peut le caractériser, faute de mieux, par $\delta = R$. Outre l'équation d'énergie, il ne reste donc qu'une équation pour représenter l'écoulement — celle de Karman, qui s'écrit

$$(3) \qquad -\frac{1}{1-2d_1}\left(\frac{1}{\gamma M^2} - 2d_2\right)\frac{dd_1}{dx} + \frac{dd_2}{dx} + \left(d_1 + d_2\,\frac{1-M^2}{2\gamma M^2}\right)\frac{1}{M}\,\frac{T_\delta}{T_i}\,\frac{dM}{dx} = \frac{\tau_p}{\rho_\delta u_\delta^2}$$

La méthode de Young suppose le profil de vitesse constant, ce qui a pour effet d'annuler les deux premiers termes de l'équation (3) et de permettre l'intégration formelle. Pour tenir compte de l'évolution du profil de vitesse nous supposons que la relation $n(M)$ établie pour la couche limite est encore valable ; l'équation (3) est donc conservée avec tous ses termes dans lesquels :

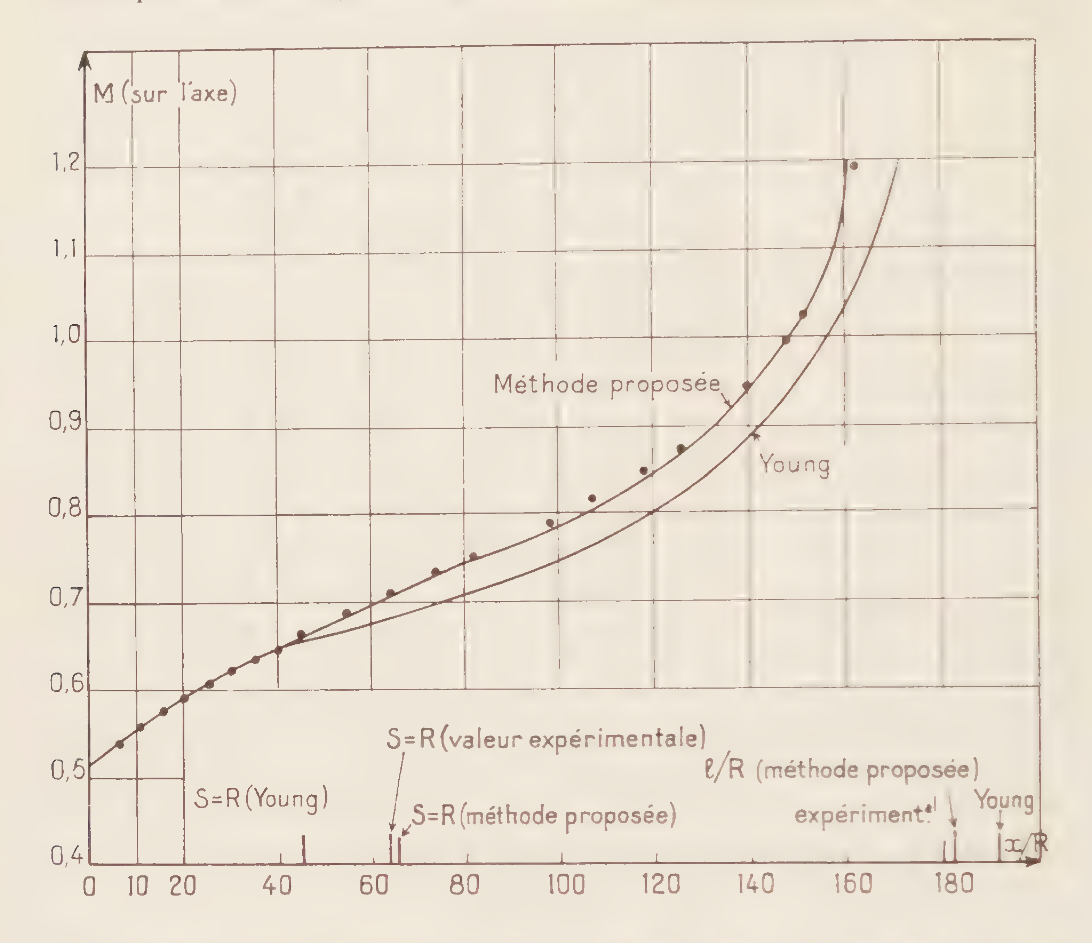
$$\frac{dd_1}{dx} = \left[\left(\Delta_n - \frac{1}{2}\Delta_{2n}\right)\frac{dn}{dM} + \left(\Phi_n - \frac{1}{2}\Phi_{2n}\right)\right]\frac{dM}{dx},$$

$$\frac{dd_2}{dx} = \left[\left(\psi_n - \frac{1}{2}\psi_{2n}\right)\frac{dn}{dM} + 2cM\left(\psi_n - \frac{1}{2}\psi_{2n}\right)\right]\frac{dM}{dx}.$$

Le coefficient de frottement est pris, comme dans la méthode de Young, égal à sa valeur au point de régime établi.

La figure suivante permet de comparer les méthodes approchées aux résultats expérimentaux obtenus sur un tuyau de 10 cm de diamètre. (Pour la clarté

de la figure nous n'avons représenté que l'évolution du nombre de Mach.) Il en résulte que la méthode que nous proposons donne une meilleure approximation



que celle de Young en particulier pour la position du point de régime établi et pour la longueur de conduite compatible avec un débit maximum.

(*) Séance du 23 juin 1958.

(1) R. DEPASSEL, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 30.

(2) A. D. YOUNG et N. E. WINTERBOTTON, *A. R. C. Rep. and Mem.*, n° 2068, 1942.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les houles planes en profondeur infinie.* Note (*) de M. RENÉ GOUYON, présentée par M. Henri Villat.

Nous étudions ici le rayon de validité, en α, des solutions explicitées dans notre précédente Note (1).

a. Pour une somme de Fourier en θ, soit $S(\rho, \theta)$ à coefficients fonctions

continues de ρ sur $0 \leq \rho \leq 1$ nous dirons qu'elle est *fortement majorée* par la constante K, et nous écrirons $S \ll K$, si K majore la somme des bornes supérieures des valeurs absolues des coefficients de S. Les relations de forte majorante s'additionnent, se multiplient, s'intègrent de o à ρ sous la forme

$$\frac{1}{\rho}\int_0^\rho S(\rho,\,\theta)\,d\rho \ll K.$$

Nous utiliserons en particulier des fortes majorantes de la forme

$$\mu_n = A\,\frac{K^{n}}{n^2} \qquad (A = \mathrm{Cte} > 0,\ K = \mathrm{Cte} > 0).$$

Elles jouissent de la propriété

$$M_n = \sum_{q=1}^{n-1} \mu_q\,\mu_{n-q} < A\,\mu_n.$$

D'autre part, toute série à termes fortement majorés par ceux de $\sum_{n=1}^{\infty} \mu_n \alpha^n$ converge (uniformément sur $0 \leq \rho \leq 1$, θ quelconque) sur $|\alpha| < 1/K_1$ (K_1 arbitrairement supérieur à K).

b. Avec les notations de [1], les $|\varphi'_n|$ admettent une majoration classique de la forme $\nu/[7(\alpha_0)^n]$. On peut lui substituer une majoration $|\varphi'_n| < \mu_n$ avec

$$K\alpha_0 > 4, \qquad AK\alpha_0 > \nu.$$

Faisons alors les hypothèses (où $\omega = \mathrm{Cte} > 0$, $C = \mathrm{Cte} > 0$)

$$(\mathrm{H})\quad \begin{cases} \text{pour } 1 \leq q < n, & \dfrac{\partial u_q}{\partial \rho} - \varphi'_q \ll \mu_q, \quad \dfrac{\partial v_q}{\partial \rho} \ll \mu_q \quad \left(\text{d'où } \dfrac{1}{\rho}u_q \ll 2\mu_q,\ \dfrac{1}{\rho}v_q \ll \mu_q\right), \\ \text{pour } 2 \leq q < n, & v_q^* \ll \omega\mu_q, \quad |p_{q-1}| < C\mu_q. \end{cases}$$

On en déduit

$$\frac{1}{\rho}P_n \ll 4M_n, \qquad \frac{1}{\rho}Q_n \ll 5M_n,$$

$$|p_{n-1}| \ll M_n(8 + 27A + [illegible]A^2 + [illegible]\omega CK), \qquad R^* \ll M_n(13 + 54A + 52A^2 + 2\omega CK),$$

d'où

$$\frac{\partial u}{\partial \rho} - \varphi' \ll M_n(49 + 108A + 104A^2 + 4\omega CK),$$

$$\frac{\partial v}{\partial \rho} \ll M_n(48 + 108A + 104A^2 + 4\omega CK),$$

$$v^* \ll 2M_n(11 + 27A + 26A^2 + \omega CK).$$

Les majorations (H) sont donc initialement vérifiées et indéfiniment main-

tenues sous les conditions :

$$K > \frac{4}{\alpha_0},$$

$$AK > \max\left(\frac{\nu}{\alpha_0}, 7\right),$$

$$\omega AK^2 > 28 V_2 \qquad (V_2, \text{ forte majorante de } v_2^*),$$

$$A(8 + 27A + 26A^2 + \omega CK) < C,$$

$$A(49 + 108A + 104A^2 + 4\omega CK) < 1,$$

$$2A(11 + 27A + 26A^2 + \omega CK) < \omega.$$

On vérifie facilement la compatibilité : posant

$$\varepsilon = \frac{A}{\omega}, \qquad \gamma(\varepsilon) = \frac{1 - 6\varepsilon}{1 - 24\varepsilon}$$

et éliminant les autres constantes, on voit que K est astreint à la seule limitation $K \geqq K_0$, avec

$$K_0 = \min_{0 < \varepsilon < \frac{1}{24}} \max\left[\frac{\nu^2 \gamma(\varepsilon)}{(\alpha_0)^2 \varepsilon}, 49\frac{\gamma(\varepsilon)}{\varepsilon}, 28 V_2 \gamma(\varepsilon), \frac{4}{\alpha_0}\right].$$

La convergence uniforme de la série des $u_n \alpha^n$ [respectivement $v_n \alpha^n$, $(\partial u_n/\partial \rho)\alpha^n$, $(\partial v_n/\partial \rho)\alpha^n$] est alors assurée sur $0 \leqq \rho \leqq 1$, θ quelconque, $|\alpha| < 1/K_1$ (K_1 arbitrairement supérieur à K_0).

Celle de la série des $(\partial u^n/\partial \theta)\alpha_n$ [respectivement $(\partial v_n/\partial \theta)\alpha_n$] l'est aussi d'après la majoration classique de J. Berstein

$$\left|\frac{\partial u_n}{\partial \theta}\right| < n \max|u_n| < \frac{AK}{7n}.$$

Il suffit enfin d'une nouvelle et légère majoration de $|\alpha|$ pour assurer la dernière condition de validité $|u| < 1$.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 33.

ASTRONOMIE. — *Sur la variation aléatoire de la vitesse de la rotation de la Terre.* Note (*) de M[me] **Anna Stoyko** et M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

La comparaison avec le temps terrestre de l'étalon atomique de fréquence à césium nous a permis de trouver que la vitesse moyenne de la rotation de la Terre varie d'une façon aléatoire pendant les trois années étudiées : on a des périodes où la vitesse est constante et des périodes où la vitesse est variable.

La comparaison avec les signaux continus de Rugby (MSF) de l'étalon atomique de fréquence à césium de M. L. Essen fonctionnant depuis

trois ans au National Physical Laboratory (NPL) à Teddington nous a permis de trouver, en plus des variations saisonnières de la rotation de la Terre, une variation aléatoire de cette rotation.

En première approximation cette variation de la durée du jour a une marche presque linéaire ([1]) égale à 1 μs par jour. Nous donnons dans le tableau suivant les valeurs moyennes mensuelles de la durée du jour (+ indique son augmentation par rapport à l'étalon de NPL (fréquence conventionnelle 9 192 631 830 Hz) considéré comme invariable et, pour le milieu du mois, en 1/100 000e de seconde.

	1955.	1956.	1957.	1958.		1955.	1956.	1957.	1958 .
Janvier......	–	+20	+ 60	+ 93	Juillet.......	—47	—29	+ 11	–
Février......	–	+60	+110	+130	Août........	—50	—13	+ 04	–
Mars........	–	+65	+124	+112	Septembre...	—21	—05	+ 78	–
Avril........	–	+48	+ 82	+120	Octobre.....	+20	+74	+ 75	–
Mai.........	–	+39	+ 82	+120	Novembre...	+42	+92	+127	–
Juin........	+06	—10	+ 65	–	Décembre...	+46	+84	+ 83	–

Tous ces résultats se rapportent à 20 observatoires participant aux travaux du Bureau International de l'Heure.

A partir du mois de septembre 1956 nous avons des comparaisons d'étalons atomiques à césium (système *Atomichron*) par rapport à l'étalon de NPL. En prenant la moyenne des résultats d'Atomichron n° 1 (J. Pierce, Camden, N. Y.), n° 6 (Wm. Markowitz, Observatoire Naval, Washington) et n° 107 (B. Decaux, LNR, Bagneux) et de l'étalon fondamental à césium (L. Essen, NPL, Teddington), nous avons trouvé les corrections suivantes au tableau précédent (en 1/100 000e de seconde).

	1956.	1957.	1958.		1956.	1957.	1958.
Janvier........	–	+ 4	— 4	Juillet........	–	0	–
Février.......	–	+ 4	— 3	Août.........	–	— 4	–
Mars.........	–	+ 4	— 2	Septembre....	+ 3	— 3	–
Avril.........	–	+ 1	— 1	Octobre.......	+ 5	— 2	–
Mai..........	–	0	— 1	Novembre.....	+ 6	— 3	–
Juin..........	–	— 1	–	Décembre.....	+ 5	— 5	–

Ainsi, on voit que ces corrections ne dépassent pas 6.10^{-5} s, ce qui donne au maximum $0^s{,}0018$ par mois. Pour affranchir les résultats de l'influence saisonnière de la rotation de la Terre, nous avons utilisé la méthode de A. J. Orlov qui permet d'éliminer, sans les calculer, les termes à courte période dans la rotation de la Terre.

Dans la figure 1 nous donnons les variations aléatoires de la durée du jour par rapport au mois de juin 1955. On remarque au début une courte période d'accélération de la rotation de la Terre qui est remplacée, ensuite, par un ralentissement quasi-linéaire. La valeur trouvée précédemment

pour le ralentissement progressif de la rotation de la Terre (1 μs par jour) correspond à cette dernière période. A partir du mois d'août 1957 commence

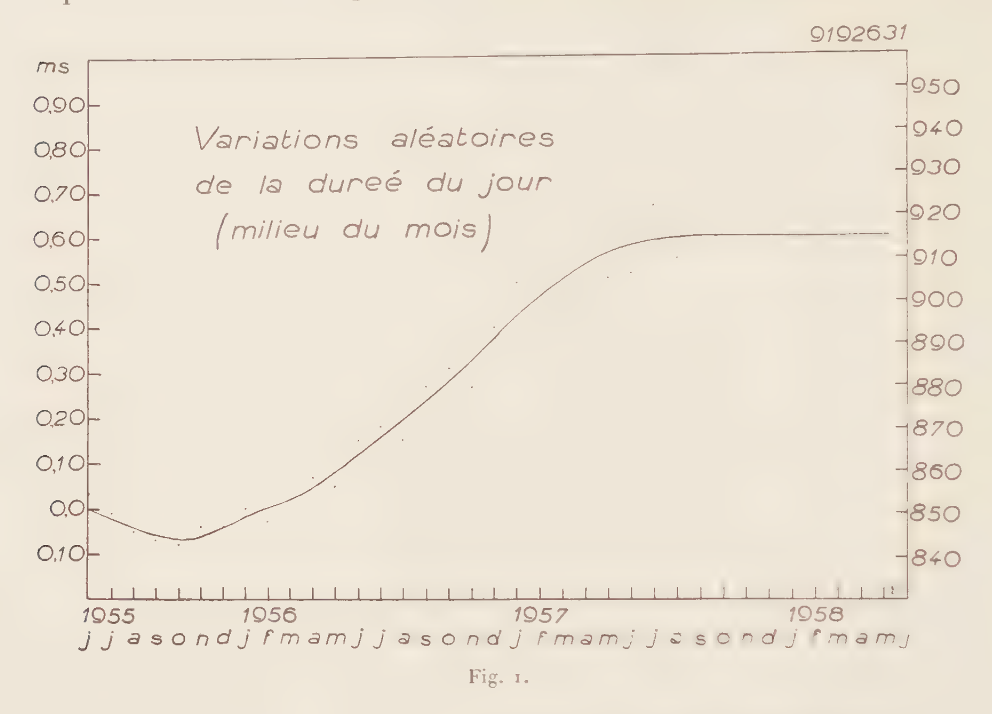


Fig. 1.

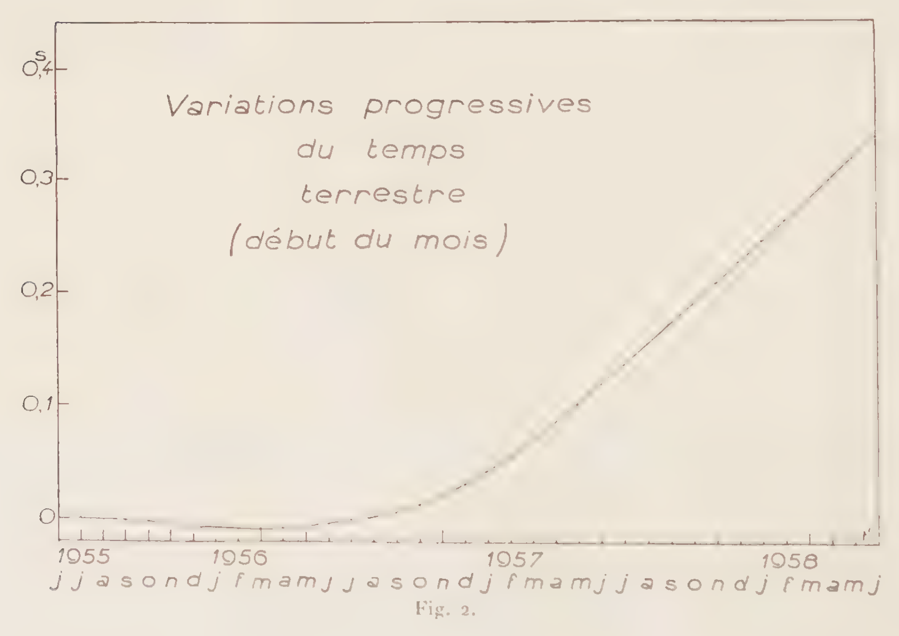


Fig. 2.

la période de la vitesse moyenne constante de la rotation de la Terre, dont la valeur diffère de 0s,0006 par jour par rapport à juin 1955.

La partie droite de la figure 1 donne les fréquences correspondantes

de l'étalon à césium en fonction de la seconde moyenne (TU 2). Ainsi, on voit qu'on ne peut pas extrapoler la vitesse moyenne de la rotation de la Terre pour un intervalle long. Seule la variation saisonnière de la rotation de la Terre peut être extrapolée.

En partant des données de la figure 1 nous avons déterminé la variation progressive du temps terrestre (TU 2), dont la représentation graphique est donnée, sur la figure 2, par rapport à la seconde de juin 1955. Pour avoir les résultats par rapport à la fréquence conventionnelle de l'étalon à césium, il faut ajouter $0^s,0064\, t_m$ aux valeurs de la figure 2, où t_m est compté en mois à partir du 1[er] juin 1955. Par conséquent, pour le début du mois de juin 1958 la différence est égale à $0^s,230$. On remarque l'importance de la valeur initiale adoptée pour la fréquence de l'étalon à césium.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) Mme A. Stoyko et M. N. Stoyko, *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 235; MM. L. Essen, J. Perry, Wm. Markowitz et R. Hall, *Nature*, **181**, 1958, p. 1054.

(*Observatoire de Paris, Bureau International de l'Heure.*)

ASTRONOMIE. — *Une mesure directe de la constante de l'aberration.* Note (*) de M. **Bernard Guinot**, présentée par M. André Danjon.

On peut déduire la constante de l'aberration k de mesures de vitesses radiales de planètes. Appliquée à Vénus, cette méthode a donné : $k = 20'',514 \pm 0'',008$ (erreur probable).

Si l'on photographie le spectre d'une planète, une raie du spectre solaire de longueur d'onde λ subit un décalage $d\lambda$ par suite de la vitesse radiale V de la planète par rapport à la Terre et aussi de la faible vitesse radiale V′ de la planète par rapport au Soleil. Le rapport $d\lambda/\lambda$, qui est égal à $V + V'/c$, où c désigne la vitesse de la lumière, est aussi proportionnel à la constante de l'aberration. Le coefficient de proportionnalité se déduit des éléments des orbites des deux planètes avec une précision surabondante pour le but qu'on se propose : la mesure de la constante de l'aberration qui n'est guère mieux connue qu'à 1/1000[e] près, en valeur relative.

Pour appliquer cette méthode, on a mesuré la vitesse radiale de Vénus. A la plus grande élongation, Vénus s'approche ou s'éloigne de la Terre avec une vitesse maximum qui est de l'ordre de 13 km/s. L'éclat est alors voisin de son maximum et le moment est favorable pour photographier la planète. Vénus est loin d'être la planète la plus rapide par rapport à la Terre : la vitesse radiale de Jupiter atteint 26 km/s et celle de Mercure dépasse 40. Mais Vénus a été choisie : 1° parce qu'il est très probable qu'elle

tourne toujours le même côté vers le Soleil et qu'ainsi, sa très faible vitesse de rotation sidérale n'introduit aucune erreur; 2° à cause de son éclat.

On s'est efforcé d'éliminer les causes d'erreurs systématiques. On s'est servi d'une méthode interférentielle pour faire apparaître l'effet Doppler-Fizeau. Le système dispersif est un étalon à lames semi-réfléchissantes de Fabry-Pérot; le spectrographe, qui ne sert plus qu'à séparer les raies du spectre, ne joue aucun rôle dans les mesures. On a comparé entre eux des spectres de Vénus pris aux deux élongations opposées et des spectres de Vénus à des spectres de la lumière solaire diffusée par un écran blanc. Des spectres du fer ont servi d'intermédiaire. Les longueurs d'onde des raies utilisées, que ce soient celles du Soleil ou celles du fer, se trouvent éliminées. Les clichés comparés entre eux ont le même aspect et l'on peut espérer que les erreurs systématiques de mesure s'éliminent également.

Les deux clichés à comparer ont toujours été mesurés immédiatement l'un après l'autre.

Le spectrographe a été installé à l'Observatoire de Paris. La lumière recueillie par un sidérostat de Foucault, est envoyée vers un objectif de 22 cm de diamètre et de 3,2 m de distance focale. Un véhicule, dont l'un des verres forme un dispositif de balayage, permet de faire traverser l'étalon de Fabry-Pérot, à cales de 4 mm d'épaisseur, sous incidence variable. Ce véhicule forme, sur la fente du spectrographe, à la fois l'image de la planète, animée d'un mouvement de va-et-vient, et celle des anneaux d'interférence, fixe. L'image de la planète est beaucoup plus petite que celle des anneaux et elle dessine ceux-ci dans son mouvement.

Le spectrographe, à réseau, donne une dispersion de 14 Å/mm. La largeur du spectre, de 3,7 mm, permet de mesurer trois anneaux. Plus de 100 raies solaires sont mesurables par cliché, dans un domaine s'étendant de 5 300 à 6 150 Å. La variation de l'ordre d'interférence entre deux clichés pris aux plus grandes élongations opposées est voisine de l'unité. Les temps de pose, qui ont atteint parfois 1 h, ont pu être ramenés à moins de 10 m par l'usage de plaques à haute sensibilité, dont on n'a pas pu disposer, malheureusement, dès le début des observations. C'est pourquoi 39 spectres ont pu être pris pendant le printemps 1956, avant la conjonction inférieure, alors qu'on possède 93 spectres pris après, pendant l'été 1956.

Les clichés de l'été, en excédent, ont été comparés à des spectres du Soleil.

La différence des vitesses est réduite de moitié, la précision relative également.

On a trouvé une valeur de la constante de l'aberration plus élevée que la valeur conventionnelle :

$$k = 20'',514 \pm 0'',012 \quad \text{(écart type)} \qquad \text{(erreur probable } \pm 0'',008\text{)}.$$

La valeur de la parallaxe solaire qu'on en déduit est :

$$\varpi_0 = 8'',787 \pm 0'',005 \quad \text{(écart type)} \qquad \text{(erreur probable } \pm 0'',003\text{)}.$$

Cette valeur est en bon accord avec celle que Spencer Jones a déduite des observations d'Eros.

Ces résultats pourraient être sensiblement faussés par une rotation sidérale rapide de Vénus (période voisine d'une semaine ou inférieure). Nos clichés ne permettent pas de traiter la rotation de Vénus comme une inconnue et de la séparer de l'effet d'une erreur sur la constante de l'aberration.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(*Observatoire de Paris.*)

ÉLECTRICITÉ. — *Conclusions générales des connaissances récemment acquises sur les champs électriques bi-ionisés et leur application au fonctionnement des électrofiltres.* Note (*) de M. **Marcel Pauthenier**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'étude théorique et expérimentale du champ électrique bi-ionisé a été faite récemment au laboratoire [1], [2] dans le cas d'une cellule idéale constituée par un fil F et un cylindre T coaxiaux lorsque le cylindre est le siège d'une contre-émission parfaitement uniforme (revêtement intérieur de toile de nylon). L'origine des phénomènes est le fil coronisant (haute tension continue + ou —); mais les deux électrodes sont lumineuses et tout se passe comme si chacune envoyait dans l'espace des ions de son signe relatif.

Que devient une sphérule de rayon a entraînée dans un courant gazeux et qui pénètre dans l'espace cylindrique de rayon R?

1° Pour les tensions élevées U, seules intéressantes, on peut admettre que le champ bi-ionisé E est encore *pratiquement constant* dans tout l'espace cylindrique, et même qu'il conserve une valeur très voisine de celle qu'il aurait, E_0, sans contre-émission.

2° Nous savons, d'autre part, que les phénomènes actuels dépendent essentiellement du *rapport de contre-émission*, soit $m_1 = k_-\rho_-/k_+\rho_+$ quand le fil coronisant est négatif, soit $m_2 = k_+\rho_+/k_-\rho_-$ quand le fil est positif.

La théorie introduit $\lambda_1 = \sqrt{m_1}$ et $\lambda_2 = \sqrt{m_2}$ et les deux fonctions $H = (\lambda - 1)/(\lambda + 1)$ sont toujours ici inférieures à l'unité.

Soit Q_0 la charge limite qui serait acquise par la particule dans le champ mono-ionisé E_0 (ou approximativement E) et v_0 sa vitesse radiale; la charge limite Q_M d'une particule et sa vitesse v dans le champ bi-ionisé, sont acquises

encore plus rapidement qu'en champ mono-ionisé ; mais

$$Q_M = \Pi Q_0 < Q_0, \qquad v = \Pi v_0 < v_0.$$

On analyse ainsi dans l'ensemble l'influence très défavorable de la contre-émission quand elle s'est installée progressivement dans un électrofiltre : ce dernier n'est pas paralysé par la contre-émission, mais son efficacité est fortement affaiblie, et cela du fait de la charge limite et non du champ électrique.

Voici quelques conséquences :

A. Pour les *grosses particules* et des vitesses moyennes de courant gazeux ascendant V pas trop grandes dans le tube T, on peut admettre des trajectoires en moyenne rectilignes. Un calcul élémentaire montre que dans un tube neuf, dit normal, dans lequel la vitesse de précipitation est

(1) $$v_1 = \frac{pE_0 a}{6\pi\zeta},$$

le temps de séjour minimum pour une purification totale du gaz ascendant est

$$\theta_1 = \left(\frac{6\pi\zeta R}{pE_0}\right)\frac{1}{a};$$

longueur minimum de T :

$$L_1 = V\theta_1.$$

Mais dans *notre cas de contre-émission :*

(2) $$v_2 = \Pi_- v_1$$

et la longueur minimum de T :

$$L_2 = \frac{1}{\Pi_-} L_1 > L_1.$$

B. Pour *les fines particules* (2 ou 3 $\mu < a < 0,3\,\mu$), les vitesses de précipitation sont encore données par (1) et (2) ; on admet l'hypothèse la plus défavorable où le mélange uniforme des particules non encore précipitées est rétabli à chaque instant par la turbulence, et le rendement de l'électrofiltre est exprimé par la formule classique

$$\rho = 1 - e^{-\frac{2v}{R}\theta'}$$

au bout du temps de séjour θ'.

Si l'on se fixe ρ, le temps de séjour θ' en résulte, encore proportionnel à $1/v$:

$$\theta' = \frac{-R\,\text{Lognép}(1-\rho)}{2v}.$$

D'où encore immédiatement les deux longueurs minima de T suivant qu'il ne contre-émet pas ou qu'il contre-émet :

$$L_1 = V\theta', \qquad L_2 = \frac{1}{\Pi} L_1 > L_1.$$

Exemple numérique expérimental. — Reprenons les données précises d'un travail récent ([2])

$U = -40$ kV, $R = 15$ cm, $p = 2$, $t = 20°$ C, $\zeta = 17.10^{-5}$, $V = 100$ cm/s.

A. Particules $a = 5\ \mu$: on trouve, avec exactement $E_0 = 2,34$ kV/cm et $E = 2,11$ kV/cm :

sans contre-émission champ E_0 :

$$L_1 = 0,80 \text{ m};$$

avec contre-émission champ E :

$$L_2 = 3,5 \text{ m} \qquad (\Pi_{(-)} = 0,28).$$

B. Particules fines $a = 2\ \mu$: Rendement fixé à $\rho = 95$ % :

sans contre-émission :

$$L'_1 = 3,0 \text{ m};$$

avec contre-émission :

$$L'_2 = 13,4 \text{ m} \qquad (\text{même } \Pi_{(-)}).$$

Ce dernier résultat serait techniquement inacceptable s'il ne fallait filtrer que des particules de 2 μ de rayon.

Un résultat global dépend évidemment de la granulométrie de la poussière à arrêter. Mais on voit, dans tous les cas, l'énorme différence d'aptitude au filtrage créée par l'existence de la contre-émission.

Toutefois nous devons signaler une observation importante : sans rien changer à l'expérience, inversons la tension du fil coronisant, c'est-à-dire faisons $U = +40$ kV. Cette fois $\Pi_{(+)}$ prend la valeur 0,38 et les longueurs L_2 et L'_2 sont abaissées respectivement à 2,4 et 9,5 m.

Nous n'avançons ces résultats que pour le cas expérimental étudié sans en discuter ici la cause, la généralité éventuelle et les conséquences.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

([1]) M. PAUTHENIER, J. DUPUY et TRAN AN NHAN, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1394 et TRAN AN NHAN, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3028.

([2]) TRAN AN NHAN, *Thèse d'Ingénieur-Docteur*, Paris, juin 1958.

MAGNÉTISME. — *Les couches minces ferromagnétiques. Effet Hall des couches minces de nickel.* Note (*) de MM. **GUY GOUREAUX**, **PIERRE HUET** et **ANTOINE COLOMBANI**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Nous indiquons dans cette Note les principaux résultats expérimentaux relatifs à l'effet Hall des couches minces de nickel mesuré à la température

ambiante. Cette étude fait suite aux précédentes Notes [1], [2] portant sur les lames de même nature.

Les mesures d'effet Hall ont été effectuées dans un champ magnétique pouvant varier de 10 à 35 000 Oe, disposé perpendiculairement au plan de la lame. Le courant d'alimentation longitudinal est alternatif, sa fréquence peut varier de 50 à 2 000 Hz.

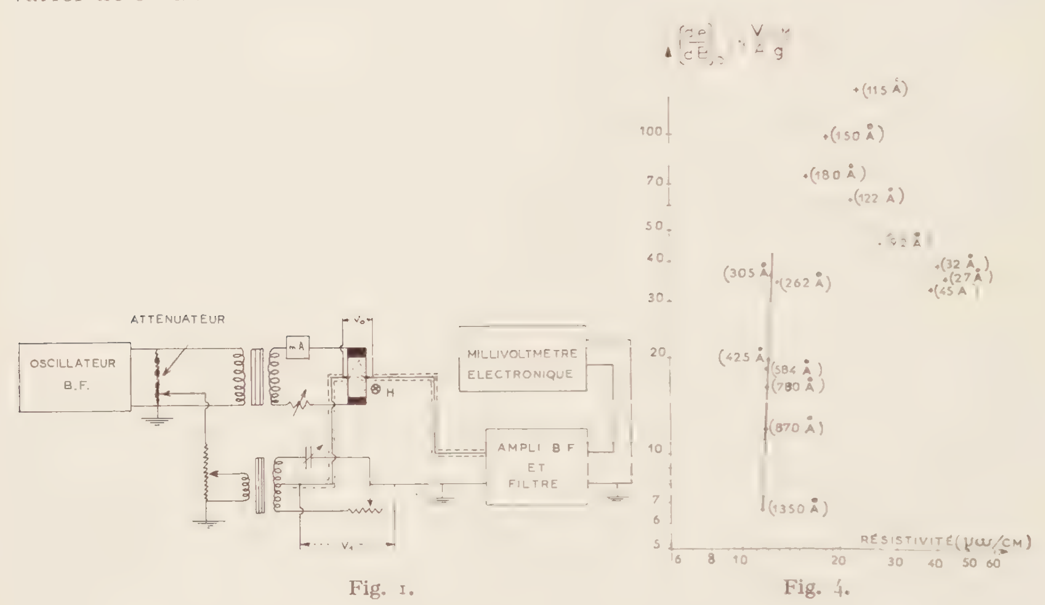


Fig. 1. Fig. 4.

La tension résiduelle V_0 existant aux bornes des sondes de Hall en absence de champ magnétique est mise en série avec une tension compensatrice V_1. Le montage déphaseur, schématisé sur la figure 1, permet d'amener V_1 en opposition d'amplitude et de phase avec V_0. Seule la f. é. m. de Hall, créée par l'action du champ magnétique, est alors amplifiée, et lue finalement sur un millivoltmètre électronique. Cette méthode permet, en outre, de refaire un zéro fictif pour une valeur quelconque du champ magnétique. En utilisant alors l'amplificateur au maximum de sa sensibilité, il est possible de mesurer de très faibles variations de l'effet Hall à partir de cette nouvelle origine. Ce procédé nous a permis d'améliorer la précision des mesures d'effet Hall des dépôts de nickel dans la région de saturation.

La sensibilité est limitée par le bruit de fond d'entrée de l'amplificateur. Grâce à l'utilisation d'un filtre très sélectif, ce bruit de fond reste compris entre 0,4 et 0,6 μV. Par suite, le minimum de tension de Hall mesurable est de l'ordre de 1 μV, ce qui permet (compte tenu des intensités admissibles dans les échantillons) de commencer les mesures dans un champ de l'ordre de 10 Oe.

Nous avons vérifié, pour chaque épaisseur étudiée, que l'effet Hall n'est pas modifié lorsque la fréquence varie de 50 à 2 000 Hz.

Les figures 2 et 3 traduisent nos résultats qui se résument ainsi :

A. *Entre* 180 *et* 1 350 Å, l'axe perpendiculaire au dépôt est un axe de facile aimantation. L'induction B_s nécessaire pour obtenir la saturation varie progressivement de 3 500 gauss pour 180 Å à 6 000 gauss pour 1 350 Å. L'aspect des courbes indique qu'à partir de 260 Å les valeurs de l'induction B_s croissent très lentement de 4 500 gauss jusqu'à 6 000 gauss qui correspond à l'aimantation $I_s = B_s/4\pi$ du nickel usuel (480 C. G. S.). Dans la zone

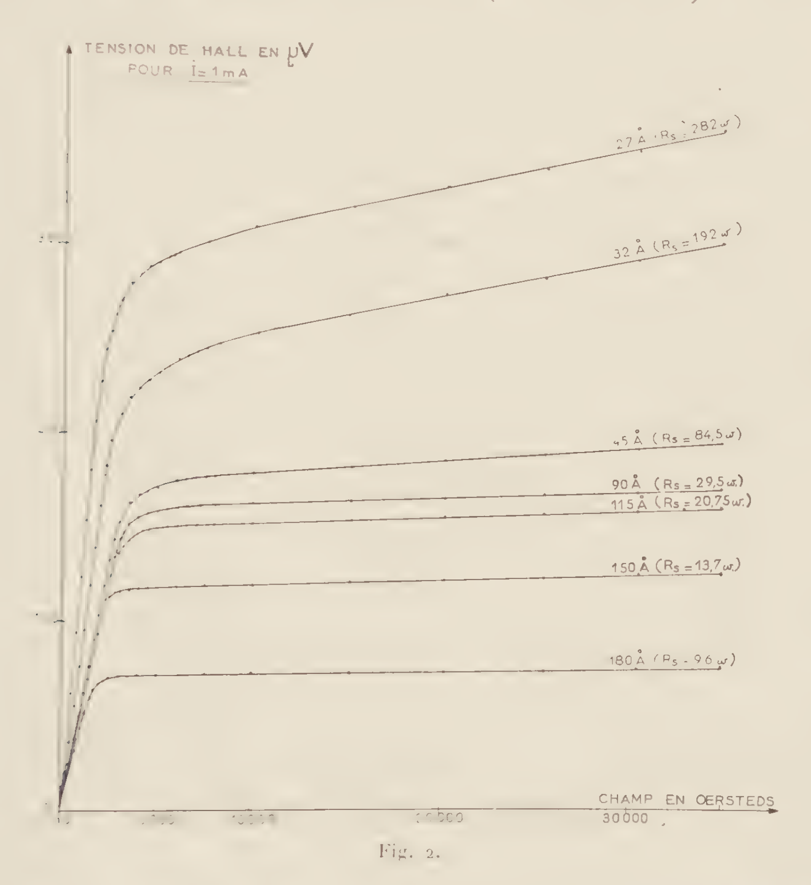


Fig. 2.

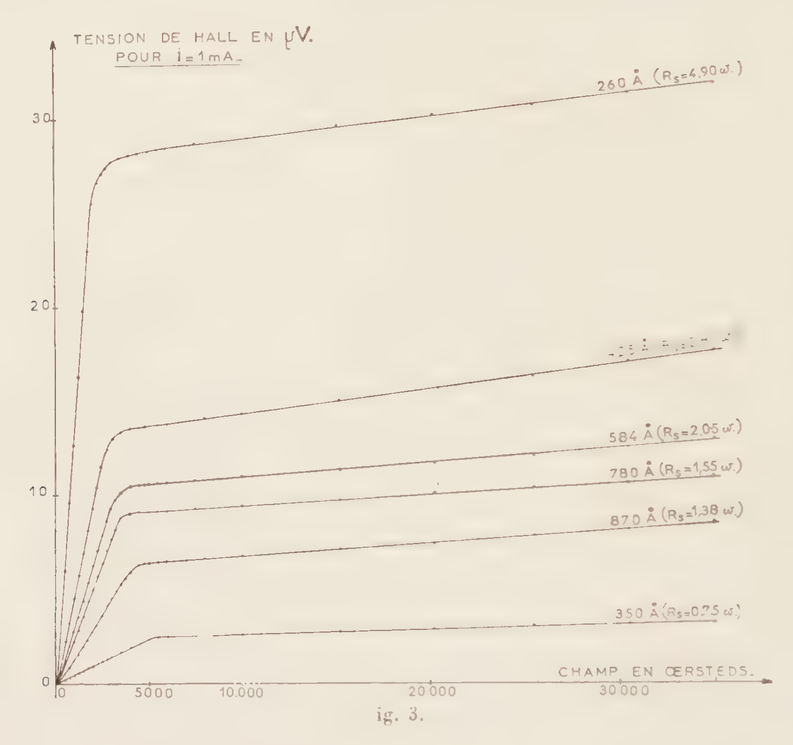
d'épaisseur 260 — 1 350 Å les courbes de Hall correspondent à des valeurs de I_s voisines. A la température ambiante ces résultats vérifient bien ceux que nous avons déduits des courbes tracées à partir de l'hypothèse de Cabrera ([2]).

Entre 180 et 260 Å l'aimantation varie plus rapidement de 280 à 400 C. G. S.

La pente à l'origine $(de/dB)_0$ croît progressivement lorsque l'épaisseur diminue. Elle permet le calcul du coefficient de Hall extraordinaire R_1 qui vaut dans ces conditions $R_1 = 4\pi(de/dB)_0$. Pour 1 350 Å en particulier, on trouve $(de/dB)_0 = 6{,}6 . 10^{-12}$ V.cm/A.g d'où $R_1 = 82{,}5 . 10^{-12}$ V.cm/A.g très voisin du coefficient du métal massif $R_1 = 75 . 10^{-12}$ V.cm/A.g.

Le coefficient ordinaire R_0 est donné pour chaque épaisseur par la valeur de la pente de la droite de saturation. Sa valeur moyenne est de l'ordre de $0,2.10^{-12}$ V. cm/A. g.

Dans cette région 180-1350 Å, les courbes d'aimantation semblent indiquer une orientation des domaines élémentaires perpendiculairement au plan du dépôt.



ig. 3.

B. *Au-dessous de* 100 Å, l'axe perpendiculaire au dépôt devient un axe de difficile aimantation ainsi que le montrent les courbes de Hall. En effet, la saturation pour 90 Å nécessite 7000 gauss, à 30 Å, 15000 gauss et à 25 Å, 20000 gauss.

Il semble bien qu'au-dessous de 100 Å, l'orientation des domaines se fasse dans le plan de la lame.

C. Enfin, ces deux zones A et B sont séparées par une zone de transition, comprise entre 100 et 180 Å, qui sépare les deux types d'aimantation.

D. Dans l'intervalle 180-1350 Å la relation liant, à la température ambiante, la pente $(de/dB)_0$ à la résistivité pour chaque épaisseur est donnée par la figure 4. En coordonnées logarithmiques $(de/dB)_0$ est fonction linéaire de la résistivité avec une pente égale à 20.

E. Signalons enfin au-dessous de 25 Å et pour des champs magnétiques de l'ordre de 3000 Oe un changement du signe de l'effet Hall à la température ambiante que nous nous proposons d'étudier en détail.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) G. Goureaux et A. Colombani, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 741.

(2) A. Colombani et G. Goureaux, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1979.

POLARIMÉTRIE. — *Mesure de la dispersion de la constante de Verdet de quelques substances de la série cétonique.* Note (*) de M. **Jacques Breton**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Dans une série de publications récentes (1), j'ai présenté les résultats concernant la mesure de la dispersion de l'effet Faraday de diverses substances appartenant à des séries organiques homologues.

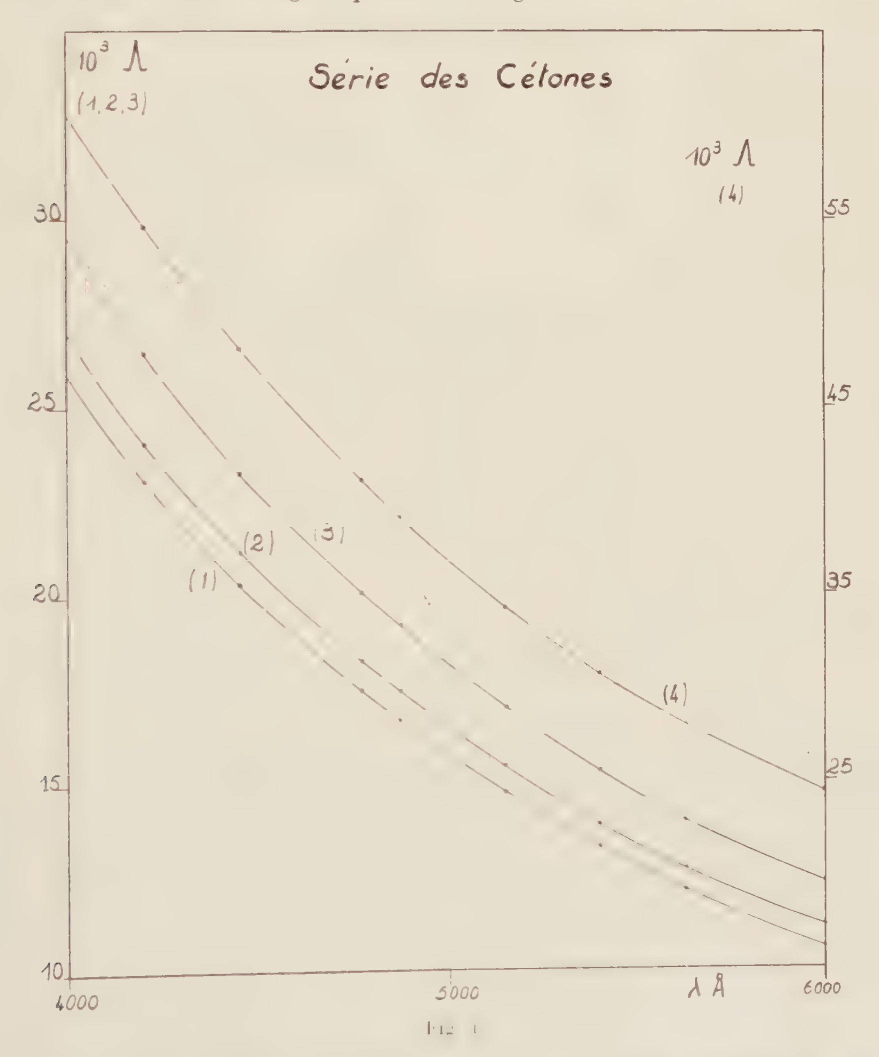


Fig. 1.

Le dispositif de micromesures de précision mis en œuvre lors des expériences (2) m'a permis cette fois de déterminer la dispersion de la constante

de Verdet des corps organiques suivants :

(I) acétone; (II) méthyléthylcétone; (III) cyclohexanone; (IV) acétophénone.

Les données numériques concernant ces substances sont, ici encore, rares et variables d'un auteur à l'autre ([3]).

La précision de mes mesures demeure toujours meilleure que trois millièmes en valeur relative, pour l'ensemble du spectre utilisé (de 4 000 à 6 000 Å).

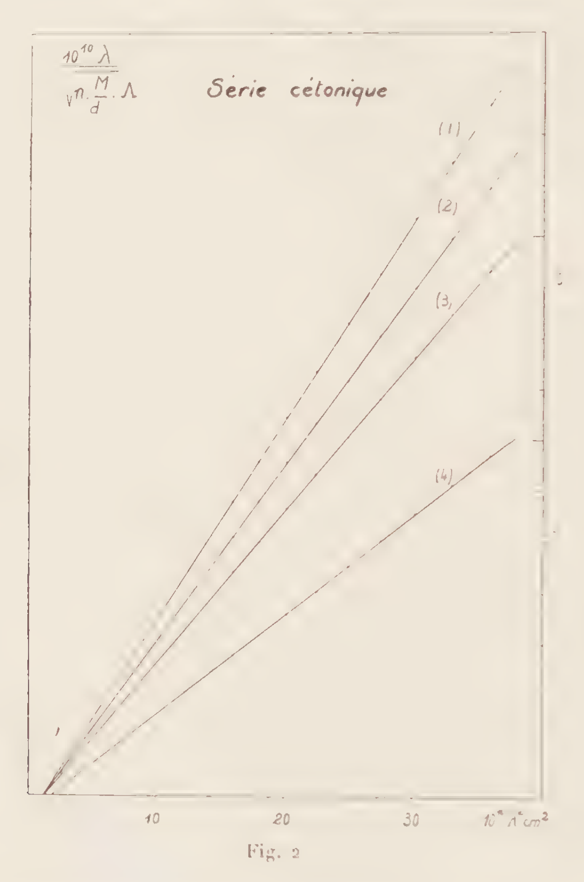


Fig. 2

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Λ(*).	λ(Å).....	4 200.	4 450.	4 770.	4 870.	5 150.	5 420.	5 630.	6 000.
(I),	$t = 25°$C....	23,06	20,29	17,45	16,72	14,78	13,28	12,13	10,63
(II),	$t = 25°$C....	24,06	21,14	18,23	17,42	15,41	13,84	12,64	11,13
(III),	$t = 25°$C....	26,42	23,26	20,05	19,18	16,96	15,24	13,93	12,25
(IV),	$t = 23°$C....	54,70	48,20	41,15	39,14	34,30	30,67	27,90	24,36

(*) Λ désigne les constantes de Verdet en 10^{-3} minute.cm^{-1}.gauss^{-1}.

On peut alors, à l'aide de ces résultats, tracer les courbes de dispersion qui sont reproduites sur la figure 1.

Si l'on admet que les courbes de dispersion rotatoire magnétique sont tradui-

sibles, dans l'intervalle spectral utilisé, par une formule à un terme telle que

$$\Lambda = \frac{2\pi N e^2}{m^2 c^2} \frac{1}{n} \frac{f_1 \omega^2}{(\omega_1^2 - \omega^2)^2},$$

on doit alors, en portant $10^{10}\lambda/\sqrt{n(M/d)\Lambda}$ en ordonnées et λ^2 en abscisses, constater que les points obtenus sont placés sur une droite : c'est ce qu'on trouve une fois encore (*fig.* 2). Les diagrammes rectilignes ainsi obtenus ont été tracés en utilisant les mesures de dispersion de réfraction de M. Sardos ([4]).

On voit qu'il existe à nouveau un décalage entre les « λ_0^2 réduites » de réfraction et les « λ_1^2 réduites » de rotation magnétique, ainsi qu'une différentiation des forces f_0 et f_1 de ces bandes réduites.

Le tableau ci-dessous résume les résultats :

		(I).	(II).	(III).	(IV).
Réfraction	λ_0 (Å).......	895	920	920	1 275
	f_0............	11	13,2	17,8	12
Rotation magnétique	λ_1 (Å).......	1 120	1 130	1 140	1 370
	f_1............	10,5	13,8	19	7,3

(*) Séance du 30 jnin 1958.

([1]) J. Breton, *Comptes rendus*, **245**, 1957, p. 307; **246**, 1958, p. 927; **246**, 1958, p. 3433.

([2]) J. Breton, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 254; *J. Phys. Rad.*, **18**, 1957, p. 53 S.

([3]) M. Thouvenot, *Thèse*, Nancy, 1910; T. M. Lowry, *J. Chem. Soc. Trans.*, **105**, 1914, p. 81; J. Timmermans, " *Physico chemical constants of pure organic compounds* ", 1950, p. 356; R. de Mallemann, *Tables annuelles de constantes et données numériques*, Hermann, Paris, 1951, p. F 39.

([4]) R. Sardos, *J. Phys. Rad.* (sous presse).

OPTIQUE ULTRAHERTZIENNE. — *Étude de la résonance paramagnétique électronique du lithium en solution dans l'ammoniac liquide.* Note (*) de M. André Charru, présentée par M. Gaston Dupouy.

Poursuivant les études de résonance paramagnétique électronique à 3 000 MHz au Laboratoire d'Optique ultrahertzienne j'ai étudié, à l'aide du spectromètre que j'ai déjà décrit ([1]) des solutions de lithium dans l'ammoniac liquide. Une étude de solutions plus diluées (à 300 MHz) avait déjà été publiée ([2]), mais j'ai particulièrement étudié les solutions plus concentrées au point de vue dispersion, vieillissement et variation avec la température.

Les solutions sont préparées en condensant du gaz ammoniac dans des tubes en U fermés à une extrémité et dans lesquels on introduit préalablement quelques milligrammes de lithium (sous atmosphère d'azote). Le volume de solution obtenu est de 1 à 2 cm³. Une fois le tube scellé,

on introduit dans la cavité de mesure une des branches du tube en U retourné dans laquelle on a fait couler un petit volume de solution (environ 0,07 cm³). On a adjoint au spectromètre un dispositif permettant de faire varier la température de l'échantillon de 100 à 400 K° en faisant circuler dans la cavité de l'air sec préalablement chauffé ou refroidi dans des échangeurs de température convenables.

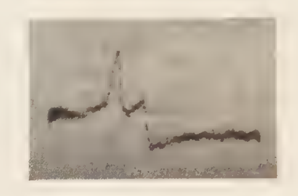


Fig. 1.

1. *Influence de la concentration* (à température ambiante). — Les solutions diluées (concentration voisine de 0,1 mol/l) donnent un signal presque symétrique de largeur 0,30 gauss. Le facteur de Landé expérimental (donné par $h\nu = g\beta H$ et obtenu par comparaison avec celui du diphényl picryl hydrazyl) est 2,0007 ± 0,0006. Les solutions plus concentrées donnent un signal complexe comme l'avait déjà signalé Lévy (²). On arrive même à un dédoublement : la figure 1 montre le signal donné par une solution contenant 0,65 mol/l; la largeur du pic principal est 0,20 gauss.

2. *Influence du vieillissement.* — L'aspect de la courbe de résonance évolue au cours du temps. Les deux pics du signal double se rapprochent et la largeur du pic central augmente. Une solution à 0,50 mol/l par exemple donne, le premier jour, un signal double, la largeur du pic central étant 0,25 gauss; 16 jours après, le signal est presque symétrique, moins intense et de largeur 0,52 gauss.

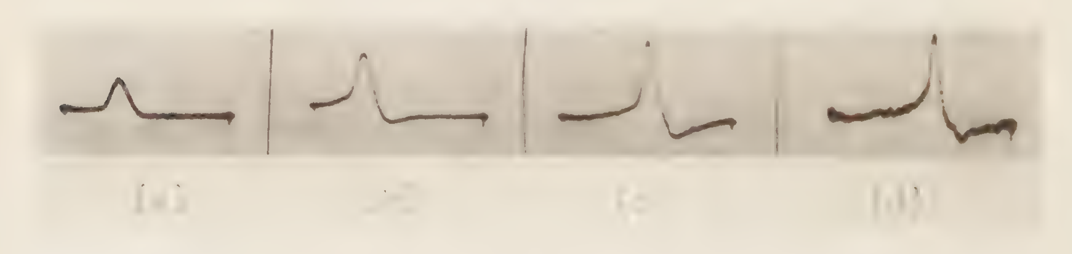


Fig. 2.

3. *Influence de la température.* — Une variation assez faible de température modifie considérablement l'aspect de la courbe de résonance, l'abaissement de la température ayant un effet analogue au vieillissement mais, cette fois, réversible. La figure 2 montre l'évolution du signal donné par

une solution à 0,54 mol/l, les courbes (*a*), (*b*), (*c*) et (*d*) correspondant respectivement aux températures — 40, 0, + 20 et + 35° C; la largeur à mi-hauteur passe de 0,27 à 0,16 gauss.

Essai d'interprétation. — Dans une Note précédente ([3]) j'ai montré l'influence du champ démagnétisant haute fréquence sur la forme d'un signal d'absorption de résonance. J'ai notamment donné la forme théorique à laquelle on aboutit lorsqu'on envisage un mélange intime de deux constituants ayant des champs de résonance très voisins. Or, les courbes tracées sur la figure 2 de cette Note ont tout à fait le même aspect [qualifié : forme en ($\chi' + \chi''$) par Lévy] que les oscillogrammes enregistrés figures 1 et 2. L'explication que j'ai proposée ([3]) semble donc leur être tout à fait applicable.

Le pic principal a le même *g* expérimental que celui des solutions diluées (2,0007 ± 0,0006). L'analyse graphique des courbes expérimentales permet de situer exactement le deuxième pic par rapport au premier. Elle conduit à un déplacement de — 0,0007 (ce qui fixe le *g* du second pic à 2,0000 ± 0,0006). Nous pensons que les deux signaux sont dus aux électrons de conduction couplés à deux formes en équilibre et proportions variables suivant les conditions.

(*) Séance du 30 juin 1958.
([1]) A. Charru, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2146.
([2]) R. A. Lévy, *Phys. Rev.*, 102, 1956, p. 31.
([3]) A. Charru, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3445.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Surstructures d'orientation créées par déformation mécanique d'un alliage* Fe-Ni. Note (*) de M. **Robert Vergne**, transmise par M. Louis Néel.

Après avoir montré l'existence de surstructures d'orientations créées par déformation mécanique dans un alliage Fe-Ni, on étudie l'influence de la tension de traitement sur la variation de l'énergie d'aimantation de l'échantillon.

Dans une étude théorique, L. Néel ([1]) a prévu l'existence de surstructures d'orientation créées par déformation mécanique.

1. *Mise en évidence de la surstructure d'orientation.* — Pour nous placer dans des conditions favorables nous avons recherché un alliage binaire ferromagnétique, à point de Curie relativement bas, formant une solution solide au voisinage de la concentration équiatomique. En effet, la théorie de L. Néel montre que l'énergie de surstructure est maximale pour l'alliage équiatomique, et qu'il faut faire le traitement au-dessus du point de Curie si l'on désire obtenir la surstructure due à la déformation mécanique

seule. L'alliage utilisé doit également posséder une bonne tenue mécanique à la température de traitement.

Nous avons utilisé un fil de Fe-Ni ayant un point de Curie à 450° C et titrant en poids : 45,0 % Ni, 54,2 % Fe, 0,42 % Mn. Après un recuit soigné sous hydrogène pur nous avons obtenu un échantillon polycristallin de structure isotrope.

Comme nous devons déceler la surstructure par une mesure magnétique, il faut définir un état de référence qu'il soit possible de reproduire avant et après traitement. Nous avons choisi le chauffage au-dessus du point de Curie suivi d'une trempe brutale. Pour obtenir cet « état de zéro » nous avons toujours opéré de la manière suivante : montée du four à 500° C, palier de 75 mn à 500° C la température étant maintenue constante à $\pm$ 1° C, trempe d'environ 100° Cs^{-1}. Un tel traitement sera dit « de, zéro ». Nous avons vérifié que cet état de référence était reproductible. Pour éviter l'oxydation tous les traitements ont été faits en atmosphère d'hydrogène pur.

Nous avons ensuite soumis l'échantillon aux traitements suivants :

a. un traitement « de zéro »;

b. un traitement sous tension suivi d'une trempe également sous tension;

c. un traitement « de zéro ».

Nous utiliserons par la suite toujours le même processus pour *b* : montée du four à 500° C, application de la tension suivant l'axe du fil, palier de 75 mn sous tension, la température étant maintenue constante à $\pm$ 1° C tempe sous tension d'environ 100° Cs^{-1}.

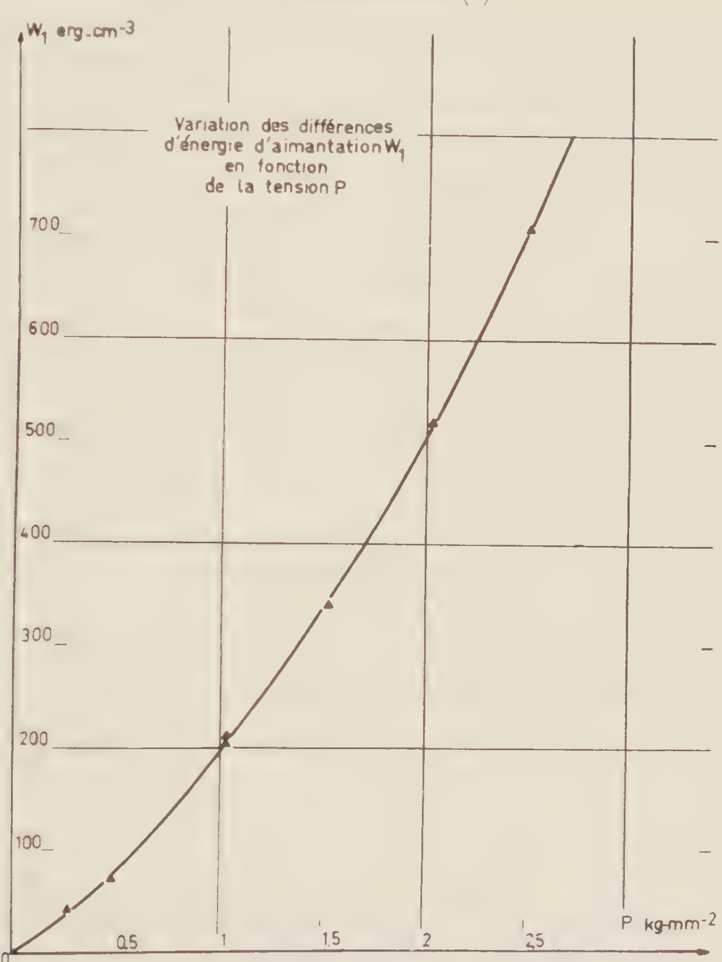
Après chaque traitement, nous avons relevé la courbe d'aimantation isotherme de l'échantillon. Nous appellerons courbe d'aimantation le lieu des extrémités des cycles d'hystérésis symétriques obtenus en faisant croître le champ depuis l'état désaimanté. Nous l'avons relevée point par point par une méthode balistique. Le champ magnétique de mesure est appliqué suivant l'axe du fil.

Appelons respectivement courbes 1, 2 et 3, les courbes d'aimantation obtenues après les traitements *a*, *b* et *c*. Le tracé de ces courbes montre qu'un traitement avec tension abaisse la courbe d'aimantation alors que le traitement « de zéro » suivant la ramène sensiblement à sa position initiale. Les courbes 2 et 3 se rejoignent vers les champs élevés.

La mesure de l'aire comprise entre les courbes 2 et 3 donne la variation d'énergie d'aimantation W_1 due au traitement sous tension. L'aire comprise entre les courbes 1 et 3 représente la différence entre les énergies d'aimantation du fil dans l'état de référence avant et après traitement. Cette différence d'énergie W_2 est petite devant la précédente. Nous avons vérifié que pour une même tension l'effet était reproductible.

Le passage par le point de Curie sous tension ne doit introduire aucun

ordre additionnel appréciable dû à l'apparition de l'aimantation spontanée. Il ne s'écoule certainement pas plus de quelques secondes entre l'instant où le fil atteint le point de Curie (450° C) et celui où cesse la diffusion, ce qui est très peu par rapport au temps nécessaire à l'établissement de la surstructure d'orientation ([2]).



2. *Influence de la tension* P *sur la variation de l'énergie d'aimantation.* — Nous avons sur ce même échantillon mesuré les énergies W_1 et W_2 pour diverses valeurs de la tension P de traitement.

La figure 1 montre que la variation d'énergie d'aimantation W_1 due au traitement avec tension ne croît pas linéairement en fonction de P. L'énergie W_2 ne dépasse jamais 4 % de W_1, ce qui justifie le choix de notre état de référence.

Du tracé des courbes d'aimantation, il ressort que le début de la partie commune des courbes relatives à un état traité et à l'état de zéro suivant se rapproche de la saturation quand la tension P croît.

3. *Comparaison des résultats expérimentaux avec la théorie de L. Néel.* — L. Néel [1] calcule l'énergie de surstructure dans le cas d'un monocristal cubique d'une solution solide à deux constituants soumis à une traction simple dans la direction [001].

L'application au cas d'un Fe-Ni équiatomique pour une température de traitement de 773° K, et une tension de traitement de 2,5 kg.mm^{-2}, donne avec les valeurs adoptées par L. Néel, $C'_s = 2\,587$ erg.cm^{-3} pour la densité d'énergie de surstructure. Nous mesurons pour cette même tension une variation d'énergie d'aimantation de 709 erg.cm^{-3}.

Un tel désaccord n'a rien de surprenant, un examen aux rayons X de l'échantillon nous ayant montré qu'il était constitué de petites cristallites orientées au hasard. Nous nous proposons d'ailleurs d'étendre la théorie de L. Néel au cas d'un polycristal cubique isotrope.

A cause de la nature polycristalline de l'échantillon nous ne savons pas relier quantitativement la variation d'énergie d'aimantation mesurée à la densité d'énergie d'anisotropie de surstructure, nous savons seulement qu'elles sont liées et que leur ordre de grandeur est le même. Enfin, les diverses quantités utilisées dans le calcul, et plus particulièrement L_1, ne sont pas toutes connues avec la précision désirable.

Il semble vain de rechercher une vérification quantitative de la théorie de L. Néel tant que ces points ne seront pas précisés.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 225-239.

(2) E. T. Ferguson, *Comptes rendus*, 224, 1957, p. 2363.

(*Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du métal, Grenoble.*)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du nombre moyen de neutrons prompts émis lors de la fission du* ^{232}Th *induite par des neutrons de* 14 MeV. Note (*) de M. **Jean Leroy**, transmise par M. Francis Perrin.

Le nombre moyen ν^{232} de neutrons prompts émis lors de la fission de ^{232}Th induite par des neutrons de 14 MeV a été mesuré par comparaison avec le nombre moyen ν^{238} de neutrons prompts émis lors de la fission de ^{238}U par des neutrons de 14 MeV. La valeur obtenue est 4,64 ± 0,2.

Principe. — Un faisceau collimaté de neutrons dont l'énergie est 14 MeV est reçu sur une chambre à fission double chargée d'une part avec des dépôts de ^{232}Th et d'autre part avec des dépôts ^{238}U. Les neutrons de fission provenant de l'uranium ou du thorium sont détectés par un assemblage de compteurs proportionnels à BF_3 noyés dans de la paraffine. On compte simultanément

sur des appareils distincts les fissions de l'uranium, les fissions du thorium, les coïncidences entre les fissions de l'uranium et les impulsions issues des compteurs à BF_3, les coïncidences entre les fissions du thorium et les impulsions issues des compteurs à BF_3 et enfin l'ensemble des impulsions reçues par les compteurs à BF_3. Le temps de résolution des coïncidences est de 200 μs.

Pour chacune des voies uranium et thorium on calcule le rapport du nombre de coïncidences non accidentelles au nombre de fissions. Ces rapports sont respectivement égaux à $e\nu^{238}$ et $e\nu^{232}$ où e représente la probabilité moyenne qu'un neutron né d'une fission dans la chambre produise une impulsion sur un des compteurs dans les 200 μs suivant sa naissance. Cette probabilité est supposée être la même pour les neutrons de fission de l'uranium et du thorium.

Le quotient de ces deux rapports nous donne ν^{232}/ν^{238}.

En nous servant de la valeur de ν^{238} que nous avons mesurée précédemment, nous pouvons calculer ν^{232}.

Appareillage. — Les neutrons de 14 MeV sont issus de la cible d'un générateur Cockroft-Walton fonctionnant à 220 V, et utilisant la réaction D(T, n)α. Le faisceau de neutrons est défini à partir de cette source par un collimateur cylindrique (longueur, 175 cm; diamètre, 3,5 cm) pratiquée dans un réservoir en tôle rempli d'eau.

Le système de détection est protégé contre les neutrons diffusés par 20 cm d'eau et 5 cm de B_4C. La chambre à fission contient environ 500 mg de ^{238}U, répartis en 40 dépôts de 3 cm de diamètre et réalisés par peinture au nitrate d'uranyle. La quantité de ^{232}Th s'élève approximativement à 700 mg répartis entre 40 dépôts de 3 cm de diamètre et réalisés par pulvérisation cathodique. Les électrodes sont distantes de 0,5 cm et le remplissage est fait avec de l'argon sous une pression de 66 cm Hg et du CO_2 sous une pression de 2 cm Hg.

Les dépôts d'uranium et de thorium sont disposés d'une manière alternée de façon que les neutrons provenant des fissions de l'un ou l'autre aient la même probabilité d'être détectés par les compteurs à BF_3.

Le sélecteur à coïncidences est le même pour les deux voies : les impulsions qui en sortent sont comptées sur des échelles différentes selon que la fission s'est produite dans la partie uranium ou la partie thorium de la chambre. Cette disposition a l'avantage de minimiser l'influence des fluctuations du temps de résolution sur la comparaison de ν^{238} et ν^{232}.

Le nombre le plus probable de coïncidences accidentelles est calculé à partir des coïncidences entre les fissions et les neutrons détectés par un compteur à BF_3 placé de manière à ne recevoir que les neutrons provenant de la cible de l'accélérateur et aucunement les neutrons produits par les fissions induites dans la chambre. Cette façon de procéder ne suppose pas que l'émission de neutrons venant de la cible soit constante, elle suppose par contre connu le rapport des temps de résolution du système à coïncidences affecté à la mesure du produit $e\nu$ et du système à coïncidences servant au calcul des coïncidences

fortuites; ce rapport est très voisin de 1 et peut être mesuré facilement à 1 % près.

Résultats. — Grâce au comptage simultané des coïncidences relatives aux fissions de l'uranium et du thorium, les erreurs introduites par les fluctuations de l'efficacité des compteurs, du temps de résolution, et de l'intensité du faisceau de neutrons sont réduites à des valeurs négligeables.

Il reste cependant à s'assurer que l'efficacité du système de détection des neutrons de fission est la même pour les deux types de noyaux fissiles. Cette efficacité dépend du spectre d'énergie des neutrons de fission et surtout de la distribution angulaire de ces neutrons. Le spectre de fission est sensiblement le même dans les deux cas, ainsi que la distribution angulaire des fragments de fission ([2]), ([3]) : l'hypothèse que nous avons faite sur e semble donc justifiée.

Le spectre des neutrons du faisceau a été mesuré par Mlle S. Blaize (Service de la Pile de Fontenay-aux-Roses) au moyen d'émulsions nucléaires disposées à l'emplacement de la chambre et très inclinées sur le faisceau. Du spectre de protons de recul donnant des traces parallèles à l'axe du collimateur, nous avons déduit celui des neutrons incidents, en admettant que tout neutron arrivant sur l'émulsion nucléaire vient directement de la cible. Le spectre obtenu est constitué essentiellement de neutrons de 14 MeV mais se trouve légèrement dégradé, probablement sous l'effet de chocs inélastiques sur les parois d'acier du collimateur.

Les lois de variation de ν^{232} et de ν^{238} en fonction de l'énergie étant suffisamment voisines, cette légère dégradation n'introduit pas d'erreur appréciable dans la mesure du rapport ν^{232}/ν^{238}.

Le résultat que nous avons trouvé est



Si nous prenons pour ν^{238} la valeur que nous avons mesurée dans une expérience antérieure ([1]), ([4]), soit $4{,}55 \pm 0{,}15$ nous obtenons

$$\nu^{232} = 4{,}64 \pm 0{,}20.$$

(*) Séance du 7 juillet 1958.

([1]) S. Blaise, M. Gaudin, R. Joly, J. Leroy et G. Vendryes, *J. Phys. Rad.*, 19, 1958, p. 66.

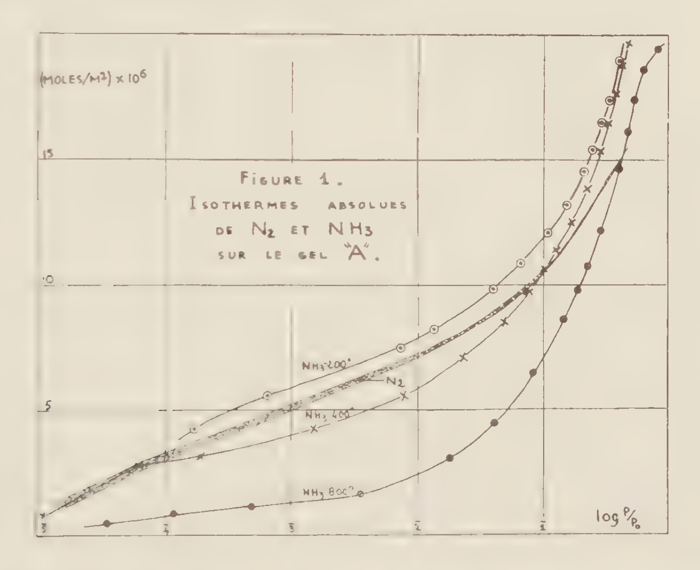
([2]) Brolley et Dickinson, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 640.

([3]) Brolley et Dickinson, *Phys. Rev.*, 99, 1955, p. 159.

([4]) L'article publié sous la référence ([1]) indiquait $\nu^{238} = 4{,}44$, nombre auquel il convient d'appliquer une correction de 2,5 % pour tenir compte de l'anisotropie d'émission des fragments de fission; mentionnée dans le corps de l'article, cette correction n'avait pas été, par erreur, appliquée au résultat des mesures. La valeur véritable est ainsi : $\nu^{238} = 4{,}55 \pm 0{,}15$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'état de la surface sur l'adsorption de l'ammoniac par le gel de silice.* Note (*) de M. **Jack Bastick**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que les courbes des chaleurs différentielles d'adsorption de l'ammoniac sur un gel de silice microporeux présentaient une « cassure » séparant deux domaines bien distincts. Dans le premier, la chaleur différentielle est élevée et relativement constante alors que dans la région de la courbe qui suit la cassure, elle diminue rapidement; la position de cette cassure dépend de la température du traitement thermique préalablement subi par l'échantillon. Nous avons conclu que la première partie des courbes obtenues correspondait à la fixation de NH_3 sur des groupements oxhydriles superficiels.



Nous avons alors entrepris une étude systématique de l'adsorption de NH_3 sur différents gels de silice dont les caractéristiques et les variations de texture ont été déterminées par diverses méthodes ([2]), ([3]). Nous avons, en particulier, tracé en fonction de la température de dégazage du gel, les isothermes d'adsorption de l'azote et de l'ammoniac au voisinage du point d'ébullition de chacun de ces gaz. Pour mettre en évidence le rôle des groupes OH dans la fixation de l'ammoniac, nous avons été amené à comparer les « isothermes absolues » de N_2 et de NH_3 sur les différents gels dans différents états d'hydratation.

En effet, si l'adsorption d'un gaz comme l'azote est un phénomène purement physique (adsorption de Van der Waals), le nombre de molécules adsorbées par mètre carré de surface doit être indépendant de l'étendue de cette surface et de son hydratation.

Autrement dit, si l'on trace les isothermes sous la forme

$$\text{nombre de molécules adsorbées/m}^2 = f\left(\log\frac{p}{p_0}\right),$$

toutes les courbes correspondant aux différents gels devront être superposables dans le domaine de la monocouche.

Une telle représentation a été utilisée par Kiselev et ses collaborateurs [4] qui ont montré que les isothermes d'adsorption de l'azote sur le quartz et plusieurs gels de silice étaient pratiquement confondues.

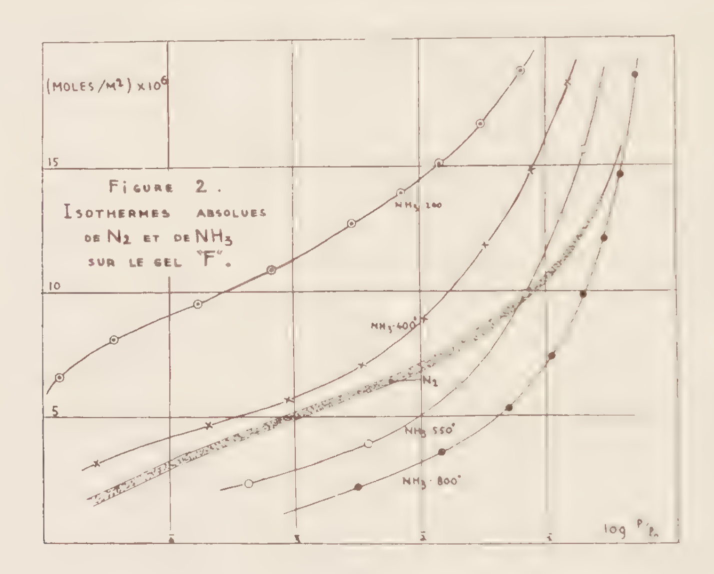


Figure 2. Isothermes absolues de N_2 et de NH_3 sur le gel "F".

Si, par contre, le gaz étudié donne lieu à un phénomène de chimisorption, un nombre plus ou moins grand de molécules pourront se fixer par mètre carré suivant l'état de la surface et les courbes représentatives seront distinctes.

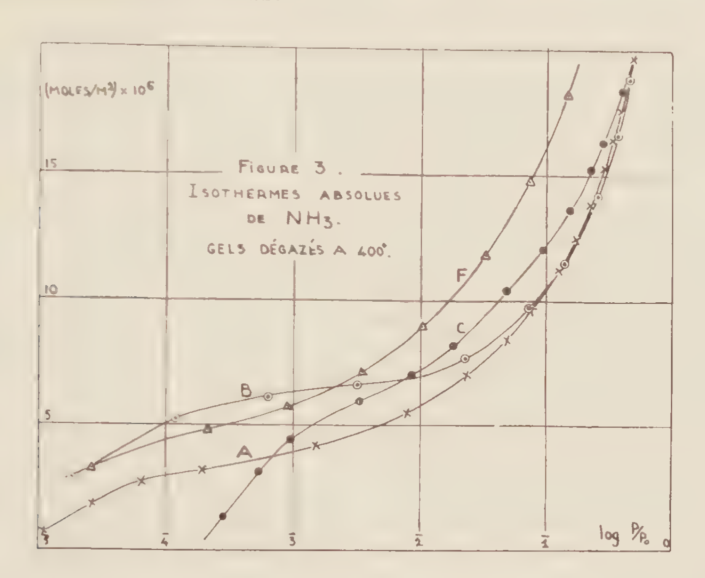
Les figures 1 et 2 traduisent les résultats obtenus pour les gels A microporeux et F en poudre impalpable. Des courbes analogues ont été trouvées avec divers autres échantillons.

Pour le gel A, les isothermes correspondant à l'azote sont très voisines, que le gel ait été dégazé à 200, à 400 ou à 800°; il en est de même dans le cas du gel F chauffé à 200, 400, 550 ou 800°. L'ensemble des isothermes absolues de l'azote pour les différents gels est assimilable à une courbe unique. Ces faits, en accord avec les observations de Kiselev, confirment bien le caractère physique de l'adsorption de l'azote.

Par contre, les courbes relatives à l'adsorption de NH_3 sont nettement distinctes, plus encore pour le gel F que pour l'échantillon A. La courbe F_{200} qui correspond au gel le plus riche en groupements oxhydriles se place au-dessus de F_{400}, elle-même au-dessus de F_{550} et de F_{800}.

Ces graphiques établissent nettement le rôle des groupes OH dans l'adsor-

ption du gaz ammoniac. Plus la surface du gel possède de groupes OH par mètre carré plus le nombre des molécules adsorbées par mètre carré, sous une pression donnée, est grand. Ce comportement est conforme aux prévisions qu'on peut faire en se basant sur le caractère polaire de la molécule d'ammoniac et l'ionisation de la liaison O—H.



Nous avons alors cherché à voir si les groupements hydroxyles étaient répartis de façon uniforme à la surface des gels. S'il en était ainsi, connaissant la teneur en eau de constitution, donc le nombre total de groupes OH, et la surface B. E. T., on en déduirait le nombre N de groupements par mètre carré. Pour une valeur de p/p_0 donnée, le nombre de moles d'ammoniac fixées par mètre carré devrait être proportionnel à N. Sur la figure 3, on a porté les isothermes absolues correspondant aux différents gels dégazés à 400°. Elles devraient se placer l'une au-dessous de l'autre dans l'ordre suivant : B, F, C, A, ce dernier gel étant celui qui possède le plus petit nombre de OH par mètre carré. Le fait que les courbes obtenues se chevauchent nous amène à conclure que suivant le gel, la répartition des OH est différente ou encore que selon la texture du gel, ces OH sont plus ou moins aptes à fixer les molécules polaires du gaz ammoniac.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) J. BASTICK, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1279.
(2) J. BASTICK et R. FAIVRE, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1166.
(3) J. BASTICK, *Chimie et Industrie*, 78, juillet 1957, p. 9.
(4) G. I. ALEXANDROVA, A. V. KISELEV, K. G. KRASILNIKOV, B. B. MURINA et E. A. SISOEV, *Doklady Akad. Nauk. U. R. S. S.*, 108, 1956, p. 283.

(Laboratoire de Chimie minérale industrielle de la Faculté des Sciences de Nancy et de l'École Nationale Supérieure des Industries Chimiques.)

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode de dosage du carbone combiné et du carbone libre par oxydoréduction sélective des carbures de fer.* Note de (*) MM. **Fernand Marion** et **René Faivre**, présentée par M. Georges Chaudron.

Les auteurs ont mis au point une méthode de dosage du carbone combiné qui repose sur une réaction d'oxydoréduction sélective des carbures de fer au contact d'une atmosphère d'hydrogène et de vapeur d'eau. Ils définissent les conditions de la réaction qui dépendent, dans une très large mesure, de l'état de division de la substance analysée.

Nous nous sommes posé le problème du dosage du carbone combiné soit dans des carbures de synthèse, soit dans des produits industriels, en présence de quantités importantes de graphite et nous avons cherché un procédé de gazéification sélective du carbone combiné. Le procédé le plus doux et le plus sélectif que nous ayons trouvé consiste à hydrogéner le carbone combiné par action d'un

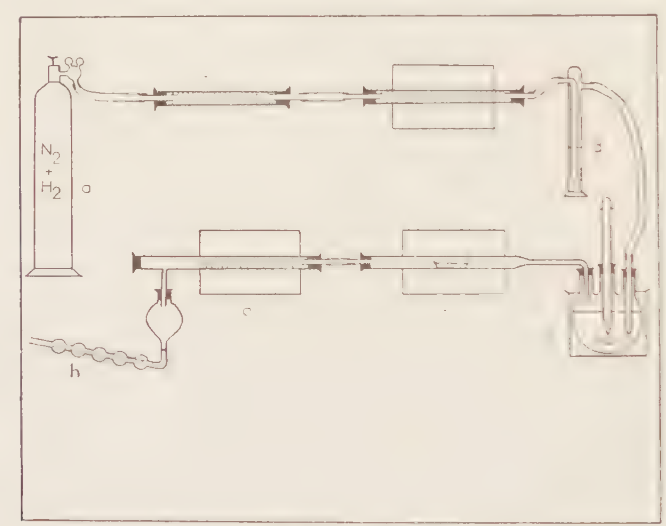


Fig. 1. — Appareil de dosage du carbone combiné. —
a, bouteille contenant le mélange $N_2 + H_2$. Dispositif de purification des gaz : *b*, colonne de KOH ; *c*, four à cuivre ; *d*, barboteur à eau de baryte. Dispositif de préparation du mélange $H_2 — H_2O$: *e*, saturateur porté à température constante ; *f*, four de combustion des hydrocarbures garni d'oxyde de cuivre et porté à 920-950° C ; *h*, tube d'absorption à boules rempli d'eau de baryte titrée.

mélange oxydoréducteur d'hydrogène et de vapeur d'eau. Afin de définir un mode opératoire, nous avons effectué, grâce à l'appareil représenté sur la figure 1, une étude systématique de la cinétique de décarburation. Les hydrocarbures sont oxydés sur de l'oxyde de cuivre porté à 920-950° C, température nécessaire pour assurer la combustion complète du méthane. Le CO_2 formé est dosé par absorption dans de l'eau de baryte titrée. On a soin de mélanger de l'azote à l'hydrogène afin d'entraîner la totalité du gaz carbonique.

Les résultats de cette étude sont condensés sur les figures 2 et 3 qui se rapportent l'une à des mélanges synthétiques de cémentite et de graphite très divisés, préparés par extraction électrolytique depuis des aciers au carbone, l'autre à une fonte industrielle pulvérisée. Ces produits peuvent être considérés comme des termes extrêmes en ce qui concerne leur état de division.

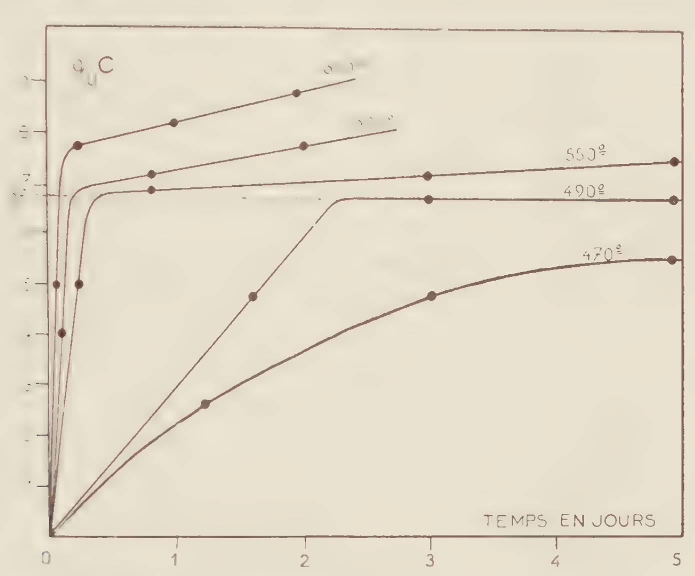


Fig. 2. — Cinétiques de décarburation de mélanges de graphite et de cémentite très finement divisés sous l'action d'une atmosphère gazeuse H_2 — H_2O à 10 % d'eau (C de Fe_3C, 6,67 %).

On observe une influence considérable de la finesse des produits sur leur cinétique de décarburation. Le mélange graphite-cémentite se comporte autour de 500°C très sensiblement de la même manière que la fonte autour de 650°C : la quantité de carbone éliminé tend vers une limite très nette qui, dans le cas du mélange Fe_3C-C, correspond parfaitement à la composition stœchiométrique de Fe_3C. D'autre part, ces résultats ont été retrouvés en dosant le carbone avant et après décarburation, ce qui prouve que le fonctionnement de l'appareil est correct et, en particulier, que la combustion du méthane est complète.

On observe également que les courbes tracées à partir de produits fins s'écartent notablement de l'horizontale lorsqu'on élève la température au-dessus de 550°C. Cet effet n'est sensible qu'à des températures beaucoup plus élevées (800°C) dans le cas des fontes. Nous l'expliquons par une réaction secondaire de cémentation à l'état solide qui conduit à une élimination progressive du graphite.

Nous avons effectué des expériences de décarburation en utilisant des mélanges H_2-H_2O dont les points figuratifs dans le diagramme de Chaudron [1] se situaient, soit dans le domaine du fer, soit dans celui des oxydes

(protoxyde ou magnétite). Elles montrent, d'une part, que l'eau accroît considérablement la vitesse de décarburation et permet d'opérer à des températures assez basses pour que la réaction de cémentation soit négligeable; d'autre part, que la vitesse de cette réaction est sensiblement indépendante de la teneur en eau dans le cas des produits fins. Par contre, dans le cas de la fonte, la décarburation est beaucoup plus rapide lorsqu'on opère sous un rapport de pres-

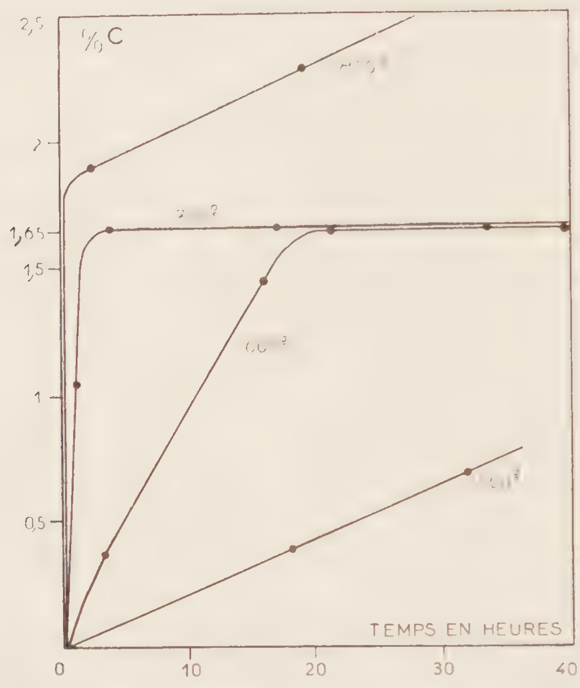


Fig. 3. — Décarburation de fonte semi-grise tamisée au tamis de maille 0,2 mm dans un mélange gazeux H_2 — H_2O à 10 % d'eau (C total %, 3,20; C combiné %, 1,65).

sions p_{H_2}/p_{H_2O} appartenant au domaine du fer : lorsqu'on opère dans le domaine des oxydes, les grains de fonte se recouvrent d'une pellicule d'oxyde qui entrave la diffusion du mélange H_2-H_2O.

Nous avons appliqué cette méthode de dosage à différents types de fontes industrielles. Nous l'utilisons également pour résoudre le problème de la stœchiométrie de la cémentite et du carbure de Hagg. Nous nous proposons d'aborder cette question dans une prochaine publication.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) G. Chaudron, *Ann. Chim.*, 16, 1921, p. 221.

(Laboratoire de l'État métallique, Faculté des Sciences et École N. S. de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines de Nancy.)

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à l'utilisation de la chromatographie de partage gaz-liquide. Analyse des essences d'eucalyptus, de niaouli, de menthe et de divers mélanges médicamenteux.* Note (*) de M. **Louis Domange** et Mlle **Suzanne Longuevalle**, présentée par M. René Fabre.

Application de la chromatographie de partage gaz-liquide, suivant une technique mise au point par les auteurs, et applicable à l'analyse des mélanges complexes qui, jusqu'ici, pouvait difficilement être effectués avec exactitude et rapidité.

Nous avons essayé d'appliquer à des mélanges de produits volatils médicamenteux et à des essences d'origine végétale la méthode de dosage par chromatographie de partage gaz-liquide qui nous a donné de bons résultats pour l'analyse du mélange anesthésique de Schleich [1].

Tous les essais ont été effectués avec une silicone référencée E.301 supportée par de la Célite (mélange à 30 %). La colonne utilisée possède 8 mm de diamètre intérieur et a une longueur de 1,70 m. L'azote pur a été utilisé comme gaz vecteur (1 l/mn). Pour chaque mélange étudié on détermine par tâtonnement la température et la pression qui conduisent à la meilleure séparation possible.

Nous avons mis au point le dosage de l'eucalyptol, seul ou dans les essences d'eucalyptus et de niaouli, le dosage du menthol, seul ou dans l'essence de menthe, et enfin dans divers mélanges rencontrés dans des préparations pharmaceutiques.

Le tableau suivant donne la liste de ces mélanges ainsi que les températures et les pressions auxquelles on a opéré :

Tableau I.

	Température (°C).	Pression (mm) d'entrée.	Pression (mm) de sortie.
Eucalyptol	160	360	145
Menthol	160	»	»
Eucalyptol + camphre	160	»	»
» + menthol	160	»	»
» + gaïacol	160	»	»
» + terpinéol	160	»	»
Gaïacol + camphre	160	»	»
Salicylate de méthyle + chloroforme	160	»	»
Salicylate de méthyle + camphre	140	»	»

L'introduction d'une goutte ou deux du produit étudié est réalisée à l'aide d'une aiguille à injection à travers un bouchon de caoutchouc. Il n'est pas nécessaire de connaître la quantité injectée comme nous le verrons plus loin.

Nous donnerons quelques exemples qui montreront la réalisation de l'étalonnage.

Examinons tout d'abord le cas du dosage d'un seul produit, eucalyptol ou menthol. On introduit dans l'appareil une goutte ou deux d'une solution chloroformique d'eucalyptol ou de menthol renfermant, en plus du principe à doser, une quantité connue d'une autre substance servant d'étalon interne et *jouant le rôle de deuxième constituant*. Le cyclohexanol a été choisi car son temps de rétention est inférieur à celui du menthol et de l'eucalyptol et supérieur à celui du chloroforme. Le chloroforme sort le premier. Les pics obtenus sont très bien séparés. Les courbes d'étalonnage sont réalisées à partir des surfaces des pics, calculées en multipliant la hauteur du pic par la largeur à la mi-hauteur. Elles sont tracées en portant en abscisses les rapports des surfaces et en ordonnées les rapports des poids des constituants. Quatre mélanges différents d'eucalyptol et de cyclohexanol ou de menthol et de cyclohexanol, préparés par pesée, permettent d'établir la courbe de l'eucalyptol et celle du menthol. L'étalonnage est réalisé en prenant la moyenne d'une quinzaine d'essais pour chaque mélange, tous les essais étant faits dans les mêmes conditions de température et de pression. Les courbes obtenues sont sensiblement rectilignes. Elles permettent d'obtenir les rapports des poids des constituants à partir des rapports des surfaces des pics correspondants. On a ainsi les rapports des poids eucalyptol/cyclohexanol et menthol/cyclohexanol.

Le tableau II donne à titre d'exemple l'étalonnage de l'eucalyptol.

TABLEAU II.

$\frac{\text{Eucalyptol}}{\text{Cyclohexanol}}$.	Rapport des	
	poids.	surfaces.
Mélange 1	1,588	1,985
» 2	1,045	1,280
» 3	0,668	0,800
» 4	1,22	1,460

Dans le cas des mélanges de deux constituants à doser, par exemple eucalyptol-camphre, on établit des courbes d'étalonnage analogues, sans le cyclohexanol devenu inutile.

Les étalonnages des mélanges eucalyptol-camphre, eucalyptol-menthol sont représentés dans les tableaux III et IV.

TABLEAU III.

$\frac{\text{Eucalyptol}}{\text{Camphre}}$	Rapport des	
	poids.	surfaces.
Mélange 1	1,281	1,57
» 2	0,993	1,19
» 3	0,768	0,90
» 4	1,460	1,84

Tableau IV.

$\frac{\text{Eucalyptol}}{\text{Camphre}}$.	Rapport des poids.	Rapport des surfaces.
Mélange 1	0,794	0,82
» 2	1,029	1,14
» 3	1,316	1,42
» 4	1,742	1,96

Le dosage d'un mélange inconnu est conduit de la façon suivante. Appelons X et Y les poids inconnus des deux constituants. On dissout le poids (X + Y) du mélange dans le chloroforme. Soit V le volume obtenu. On exécute un premier enregistrement sur cette solution. On ajoute ensuite au mélange inconnu (X + Y) une quantité connue E de l'un des constituants. On dissout le nouveau mélange obtenu dans le chloroforme, on amène au volume V et l'on fait un deuxième enregistrement.

Appelons a le rapport, obtenu par le premier essai, des poids X/Y, b le rapport obtenu, par le deuxième essai, des poids X/(Y + E). On en déduit $X = a\,Y$ et $Y = b\mathrm{E}/(a - b)$, d'où la composition du mélange à doser.

Tous les autres mélanges signalés au tableau I ont été étudiés de la même façon. Les résultats obtenus montrent que l'erreur est inférieure à 5 %.

Des dosages de menthol ont été réalisés dans l'essence de menthe. De même, l'eucalyptol a été dosé dans les essences d'eucalyptus et de niaouli. Nous avons alors ajouté du cyclohexanol en quantité connue.

La chromatographie de partage en phase gazeuse constitue, pour les mélanges et les essences signalés, un progrès considérable sur les procédés jusqu'ici utilisés. Outre la détermination quantitative des constituants attendus, elle permet de déceler facilement l'introduction de substances étrangères dans les produits étudiés.

En résumé, ces résultats, ainsi que ceux donnés par H. Naves [2], montrent l'intérêt de cette méthode dans l'analyse de mélanges difficiles à doser chimiquement, en particulier dans l'analyse des essences naturelles.

(*) Séance du 16 juin 1958.

[1] L. Domange et Mlle S. Longuevalle, *Ann. Pharm. Françaises*, 15, 1957, p. 448.

[2] *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2163.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Interprétation des résultats obtenus dans la réduction duplicative de cétones du type* $RR'C{=}CH{-}CO{-}CH_3$, *à différents potentiels.* Note (*) de MM. **Nguyen Thoaï** et **Joseph Wiemann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les rendements en hydroxy et dihydrofuranniques (I) glycols (II) ε-dicétones (III) et cétols (III′), obtenus par réduction par le zinc, le magnésium et l'acide acétique, et par l'amalgame de sodium de l'oxyde de mésityle, de la butylidène et de l'isobutylidène acétone sont expliqués par les poids des formes mésomères ioniques de ces cétones α-éthyléniques.

L'étude de la réduction condensatrice des cétones du type

$$RR'C{=}CH{-}CO{-}CH_3$$

a montré qu'il se forme des dérivés dihydrofuranniques, des α-cétols cyclopentaniques, des β-glycols et des ε-dicétones.

Les proportions de ces composés varient avec les substituants R et R′ et avec le potentiel de réduction.

Dans le cas simple de la méthylvinylcétone, on a obtenu une sélectivité selon le potentiel de la réduction (¹). Cette étude concerne la comparaison de la réduction de l'oxyde de mésityle, de la butylidène-acétone, de l'isobutylidène-acétone.

$R{=}H \qquad R' = \begin{cases} n\,C_3H_7 \\ (CH_3)_2CH \end{cases} \qquad R{=}CH_3, \quad R'{=}CH_3$

Après le mode opératoire usuel (²) la distillation du dihydrofurannique (I)

R
R′—
CH₃— O CH₃
R—CR′=CH
(I)

CH₃
R—CR′=CH—C—OH
R—CR′=CH—C—OH
CH₃
(II)

R CR CH₂ CO CH₃
R CR CH₂ CO CH₃
(III)

R CR CH₂ CO CH₃
R CR CH₂ C OH —CH₃
(III′)

bouillant nettement plus bas, un traitement au réactif T de la fraction distillée restante isole les α-glycols (II). La séparation des ε-dicétones (III) et des β-cétols (III′) cyclopentaniques, n'a pu être effectuée que partiellement.

Le zinc et le magnésium donnent à peu près les mêmes résultats, l'amalgame de sodium avec un potentiel de réduction plus élevé donne

une augmentation de la proportion de produit cétonique, la proportion de glycol restant la même.

Avec les substituants, la portion cétonique diminue dans le sens

Oxyde de mésityle > butylidène-acétone > isobutylidène-acétone.

Les résultats quantitatifs sont donnés en même temps que le schéma de la réduction proposée.

Les pourcentages ont été calculés sans tenir compte du produit n'ayant pas réagi, des composés de réduction simple, et des résidus non distillables, qui sont en proportion faible (< 5 %).

L'interprétation suivante peut être proposée :

Le schéma de formation des radicaux libres (²) peut s'interpréter à partir des formes mésomères :

$$\gt\overset{+}{C}-HC=\underset{O^-}{C}-CH_3 \;(A) \longleftrightarrow \;\gt C=CH-COCH_3 \longleftrightarrow \;\gt C=CH-\underset{CH_3}{\overset{+}{C}}-O^- \;(B)$$

$$H^+ \downarrow e \qquad\qquad\qquad H^+ \downarrow e$$

$$(A')\; \dot{C}-CH=\underset{OH}{C}-CH_3 \qquad\qquad (B')\; \gt C=CH-\underset{OH}{\dot{C}}-CH_3$$

On aura ensuite : 2 (B′) → glycol; 2 (A′) → cétol et ε-dicétone; (A′) + (B′) → hydroxy et dihydrofurannique. L'ion carbénium de la forme (A) aura la structure indiquée ci-dessous et donne les résultats suivants :

Ion carbénium.	Réduction par Zn et Mg. Hydroxy et dihydrofurannique.	Réduction par Zn et Mg. Dicétone et cétol.	Glycol (%).	Réduction par Na(Hg). Hydroxy et dihydrofurannique.	Réduction par Na(Hg). Dicétone et cétol.
$(CH_3)_2\overset{+}{C}$ 6 hydrogènes hyperconjugués....	60	35	< 5	45	50
$n\,C_3H_7CH$ 2 hydrogènes hyperconjugués....	40	22	35	28	34
$(CH_3)_2CH-CH$ 1 hydrogène hyperconjugué.....	33	13	53	29	18

Il y a une augmentation de l'effet d'hyperconjugaison de bas en haut, qui donne une stabilité croissante de cet ion, ce qui explique une augmentation dans le même sens des cétones formés.

Le mésomère ionique (B) est le même dans les quatre cas avec trois hydrogènes hyperconjugués. Sa stabilité est près de celle de l'ion (A) du butylidène-acétone, d'où une teneur voisine des cétones et des glycols

dans ce cas, et une teneur croissante en glycols de l'isobutylidène-acétone, et très peu de glycol pour l'oxyde de mésityle.

Une augmentation des cétones avec l'amalgame de sodium peut être attribuée aussi au caractère alcalin du milieu, favorable à l'énolisation plus précisément représenté par (B) et (B').

On peut remarquer aussi que le rendement en produits hydrofuranniques est proportionnel à peu près à la racine carrée du rendement en produit cétonique pour la réduction par le zinc et le magnésium, ce qui correspond bien au schéma proposé; pour l'amalgame cette relation ne s'applique pas, l'influence de la forme énolique est plus difficile à apprécier. Les caractéristiques des produits obtenus et les détails expérimentaux seront donnés dans un autre Recueil.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) J. Wiemann, M. R. Monot et J. Gardan, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 172.

(2) J. Wiemann et M. Jon, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1958 (sous presse).

(*École Normale supérieure, Paris*, 5e.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation et l'hydrolyse du β.β-diméthyl-α-benzyl α.β-dicyanopropionate d'éthyle.* Note (*) de M. **Henri Le Moal** et M. **Michel Martin-Bouyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrolyse des esters-dinitriles de formule générale :

$$(R)(R')\underset{\beta}{C}(CN)-\underset{\alpha}{C}H(CN).CO_2C_2H_5,$$

a déjà fait l'objet de nombreuses Notes (1). Pour mieux préciser le rôle de l'hydrogène en α, il était intéressant d'étudier comparativement la réactivité des esters-dinitriles trisubstitués correspondants. La présente Note concerne le β.β-diméthyl α-benzyl α.β-dicyanopropionate d'éthyle.

1. La condensation du cyanacétate d'éthyle sur l'acétone, suivant la méthode de Cope modifiée (2), conduit à l'ester-nitrile éthylénique (I) :

$$(CH_3)_2C = C(CN).CO_2C_2H_5$$
(I)

L'acide cyanhydrique en milieu hydroalcoolique s'additionne sur l'ester-nitrile (I), pour donner l'ester-dinitrile (II), déjà signalé :

$$(CH_3)_2C(CN)-CH(CN).CO_2C_2H_5.$$
(II)

L'ester-dinitrile (II) possède un hydrogène en α, à propriétés nettement acidiques, facilement remplaçable par un atome de Na. Par action du chlorure de benzyle, le dérivé sodé conduit à l'ester β.β-diméthyl α-benzyl α.β-dicyano-

propionate d'éthyle (III), $C_{16}H_{18}O_2N_2$:

$$(CH_3)_2C(CN)—C(CH_2C_6H_5)(CN).CO_2C_2H_5 \qquad (F\ 78^\circ C).$$
$$(III)$$

L'hydrolyse totale de l'ester-dinitrile (III), effectuée par la potasse (20 %) hydroalcoolique, conduit à l'acide β.β-diméthyl α-benzylsuccinique (IV), $C_{13}H_{16}O_4$, avec un rendement de 85 % :

$$\begin{array}{l} CH_3 \diagdown \overset{\beta}{} \qquad\quad \overset{\alpha}{} \diagup H \\ \qquad\quad C ——— C ——— CH_2—C_6H_5 \qquad (F\ 150^\circ C). \\ CH_3 \diagup \\ \qquad\quad CO_2H \quad CO_2H \end{array}$$
$$(IV)$$

Au diacide (IV), correspond l'anhydride monomoléculaire (V), $C_{13}H_{14}O_3$, de formule :

$$\begin{array}{l} \qquad (CH_3)_2C——CO \diagdown \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad O \qquad (F\ 78^\circ). \\ C_6H_5—CH_2—CH—CO \diagup \end{array}$$
$$(V)$$

Celui-ci est obtenu très aisément et quantitativement par action du chlorure d'acétyle, à l'ébullition, sur le diacide (IV).

2. Réalisée par étapes, l'hydrolyse de l'ester-dinitrile (III) a permis d'isoler les dérivés azotés intermédiaires entre (III) et (IV).

a. Traité par la soude à froid, pendant 72 h, en milieu eau-alcool-dioxane, l'ester (III) donne principalement le dinitrile-acide (VI), $C_{14}H_{14}O_2N_2$:

$$(CH_3)_2C(CN)—C(CH_2C_6H_5)(CN).CO_2H \qquad (F\ 168^\circ C).$$
$$(VI)$$

Ce dinitrile-acide, non isolé, jusqu'à présent, dans le cas des esters β.β-disubstitués, est ici parfaitement stable. Sa stabilité, apporterait une confirmation au mécanisme invoqué par Thorpe ( ), pour expliquer l'évolution, en milieu acide, des dinitriles-acides de formule

$$(R)(R')C(CN)—CH(CN).CO_2H$$

en amide-nitrile-acides correspondants, de formule

$$(R)(R')C(CONH_2)—CH(CN).CO_2H.$$

Dans cette opération, à côté du dinitrile-acide (VI), on isole en petite quantité, le dinitrile (VII), $C_{13}H_{14}N_2$

$$(CH_3)_2C(CN)—CH(CH_2C_6H_5)CN \qquad (F\ 60$$

b. Traité à l'ébullition par le carbonate de soude N ou par la soude N, en milieu hydroalcoolique (50 %), l'ester (III) conduit d'abord au dinitrile-acide (VI), qui se décarboxyle ensuite dans le milieu réactionnel, pour

donner principalement le dinitrile (VII). Celui-ci se cyclise à son tour, en imide (VIII), $C_{13}H_{15}O_2N$,

$$\begin{array}{ccc} (CH_3)_2C & \text{---} & CH(CH_2C_6H_5) \\ | & & | \\ CO & & CO \\ & \diagdown NH \diagup & \end{array} \quad (F\ 159^\circ C),$$

(VIII)

sans qu'il ait été possible d'isoler l'amide-nitrile intermédiaire, contrairement à ce qui se passe au cours de l'hydrolyse similaire de nombreux esters-dinitriles β.β-disubstitués.

3. L'hydrolyse de (III), par un mélange d'acide acétique et d'acide sulfurique, à l'ébullition, suivant la méthode de Cragoe ([4]), ne conduit pas au diacide (IV) attendu. Celui-ci se transforme dans le milieu réactionnel, par cyclisation, en carboxy-3 diméthyl-2 tétralone (IX), $C_{13}H_{14}O_3$, d'après le schéma

CH₂ — CH—CO₂H — CH — ²C(CH₃) — ¹C(OH)=O ; CH → $-H_2O$ → CH₂ — CH — CO₂H ; CH ; ²C — CH₃ ; CO

(IX) (F 160°).

De l'étude précédente, on peut dégager les conclusions suivantes :

1° Comme dans le cas des esters-dinitriles β.β-disubstitués, l'hydrolyse ménagée et orientée de l'ester-dinitrile trisubstitué (III), à l'aide de solutions basiques de pH déterminé, permet de préparer les composés intermédiaires azotés du diacide (IV), correspondant.

2° La substitution de l'hydrogène en α, par le radical $-CH_2-C_6H_5$, a pour effet de stabiliser le dinitrile-acide (VI) et ce résultat vient à l'appui du mécanisme de Thorpe, sur lequel nous reviendrons ultérieurement.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

([1]) H. Le Moal et A. Foucaud, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1548; H. Le Moal et R. Carrie, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2572; R. Carrie, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1313.

([2]) Ch. Dufraisse, A. Etienne et R. Bucourt, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 206.

([3]) F. Dickens, L. Horton et J. F. Thorpe, *J. Chem. Soc.*, 125, 1924, p. 1830.

([4]) E. J. Cragoe, C. M. Robb et J. M. Sprague, *J. Org. Chem.*, 15, 1950, p. 381.

(*Faculté des Sciences de Rennes.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Polarographie et étude physicochimique des dérivés carbonylés de la pyridine*. Note (*) de MM. **Jean Tirouflet** et **Étienne Laviron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Interprétation des courbes $i_l = f(\text{pH})$ obtenues pour les pyridinaldéhydes, dans l'hypothèse d'une hydratation privilégiée des ions pyridinium correspondants. Cette hypothèse s'appuie sur une étude parallèle des aldéhydes quaternisés et des cétones libres et quaternisées. Elle est confirmée par spectroscopie et potentiométrie.

Nous avons signalé récemment ([1]) les anomalies observées dans le comportement polarographique des pyridinaldéhydes. L'interprétation de ces résultats a conduit à envisager une étude physicochimique détaillée des différents dérivés carbonylés dérivés de la pyridine.

Polarographie. — Les courbes $i_l = f(\text{pH})$ se groupent en trois familles nettement différenciées. Pour les *acétylpyridines* et leurs *dérivés* N-*méthylés* i_l varie peu avec le pH. Pour les *pyridinaldéhydes* le faible courant observé en milieu acide décroît d'abord (I), puis croît rapidement (II); le palier de diffusion reste ensuite sensiblement constant (III), puis varie à nouveau (IV). Enfin, dans le cas des *aldéhydes quaternisés* la zone de faible courant s'étend jusqu'à pH 7.

Ce dernier résultat nous conduit à penser, *a priori*, que les ions méthylpyridinium aldéhydiques (et par conséquent les ions pyridinium aldéhydiques eux-mêmes) sont fortement hydratés donc non réductibles.

Pour les *aldéhydes quaternisés* on doit considérer le seul équilibre d'hydratation. Le faible courant limite observé entre pH 2 et pH 7 est dû à la fraction aldéhydique libre. Dans cette zone il est indépendant du pH car le pourcentage d'entité réductible ne varie pas avec ce paramètre. Pour pH < 2 et pH > 8 on observe, comme pour les aldéhydes non quaternisés, un courant cinétique dû à une catalyse acide ou basique de déshydratation.

La valeur normale du courant limite observé pour les *cétones* et leurs dérivés quaternisés et son invariance relative avec le pH caractérise l'absence d'hydratation.

Pour les *pyridinaldéhydes* il faut considérer quatre équilibres :

$$NC_5H_4CH(OH)_2 \rightleftharpoons NC_5H_4CHO + H_2O \qquad (K_1),$$

$$H\overset{+}{N}C_5H_4CH(OH)_2 \rightleftharpoons H\overset{+}{N}C_5H_4CHO + H_2O \qquad (K_2),$$

$$H\overset{+}{N}C_5H_4CHO \rightleftharpoons NC_5H_4CHO + H^+ \qquad (K_3),$$

$$H\overset{+}{N}C_5H_4CH(OH)_2 \rightleftharpoons NC_5H_4CH(OH)_2 + H^+ \qquad (K_4).$$

En milieu très acide (zone I) l'aldéhyde existe surtout sous forme d'ion pyridinium hydraté non réductible. La croissance observée vers pH 0 est attri-

buable à une catalyse acide de déshydratation car i_l présente alors un caractère cinétique partiel.

La variation du courant limite dans la *zone II* est due essentiellement au déplacement de l'équilibre 3 et non à un effet catalytique. Cette hypothèse est appuyée par les faits suivants : *a*. la relation $i_l/h^{1/2} = \alpha + \beta/h^{1/2}$ [2] est sensiblement vérifiée; *b*. le courant des pyridinaldéhydes N-alcoylés reste constamment faible dans cette zone; *c*. les pH de cette zone sont trop faibles pour envisager une catalyse basique de déshydratation analogue à celle observée récemment dans le cas des α-aminoaldéhydes [3]; *d*. les résultats spectroscopiques permettent de retrouver approximativement les pourcentages calculés par polarographie.

Dans l'hypothèse précédente la variation du courant limite i est donnée en fonction du pH par la formule

$$pH = pK_A + \log \frac{i - i_d}{i_M - i}.$$

avec

$$pK_A = pK_3 + \log \frac{i_M}{i_m}; \qquad i_M = \frac{i_d}{1 + \frac{H_2O}{K_1}}; \qquad i_m = \frac{i_d}{1 - \frac{H_2O}{K_2}};$$

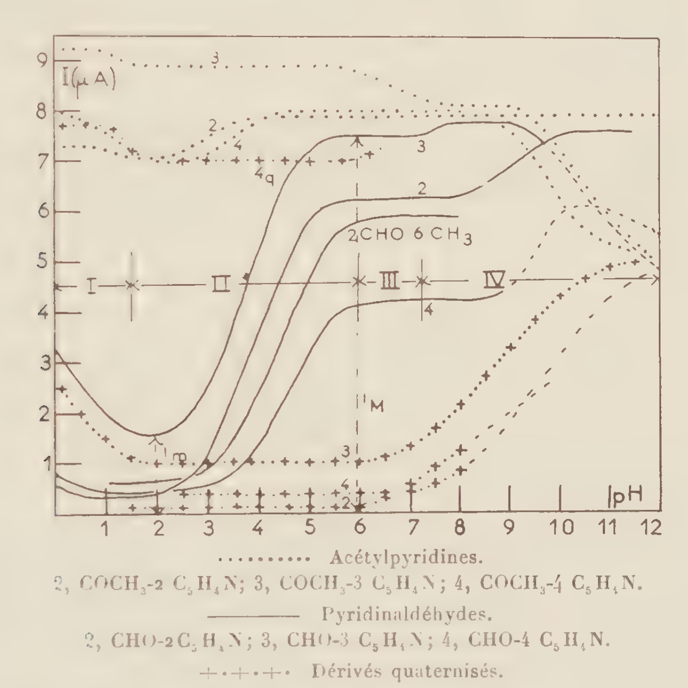
i_d est le courant de diffusion théorique qui serait obtenu en l'absence d'hydratation; i_m et i_M sont les valeurs extrêmes observées. La valeur de i_d est donnée approximativement par le courant de diffusion normal des cétones. La courbe $pH = f(i)$ présente normalement un point d'inflexion $[i_1 = (i_m + i_M)/2$; $pH_I = pK_3 + \log i_M/i_m)$ et est symétrique par rapport à ce point. Les équations précédentes et la relation $K_1/K_2 = K_3/K_4$ permettent de calculer les différentes constantes. On obtient :

	pH_I.	pK_A Pot.	pK_A Spect.	pK_3.	pK_4.	K_1.	K_2.
Pyridinaldéhyde-2	3,85	3,88	3,93	2,63	4,52	198	2,54
» -3	3,65	3,75	(3,80)	3,09	5,26	(2 200)	15
» -4	4,57	4,55	4,58	3,57	4,85	61	3,22
Méthyl-6 pyridinaldéhyde-2	4,55	–	–	–	–	150	4,5
Pyridine dialdéhyde-2.6	1,90	–	1,94	–	–	–	–

La validité des valeurs trouvées pour K_1, K_2, K_3 et K_4 est liée aux hypothèses précédentes. Leur précision reste limitée et leur signification même appelle certaines réserves. Par contre pH_I est une grandeur expérimentale caractéristique du composé correspondant et reste parfaitement définie. Elle coïncide d'ailleurs sensiblement avec celles obtenues par potentiométrie et spectroscopie. D'une façon générale, nous désignons cette grandeur par pK_A.

Spectroscopie et potentiométrie. — L'absorption a été déterminée, pour chaque composé, en solution aqueuse tamponnée à différents pH entre 2 100

et 4 000 Å. On observe en général trois bandes d'absorption (K, B et R) dont les caractéristiques évoluent avec le pH. La bande R (vers 3 100 Å) prolonge la bande B et son maximum est mal défini. Pour les composés non quaternisés on note plusieurs points *isobestiques* situés de part et d'autre du pic B et attribuables à l'équilibre 3. La bande R semble caractéristique du carbonyle non hydraté : peu influencée par le pH pour les cétones libres ou quaternisées, elle évolue rapidement pour les pyridinaldéhydes et disparaît à pH 0. En étudiant l'absorption vers 3 100 Å il est possible de calculer approximativement le pourcentage de forme hydratée pour chaque pH. L'évolution de la bande B permet d'autre part de retrouver pK_A, qui peut également être calculé par potentiométrie.



·········· Acétylpyridines.

2, $COCH_3$-2 C_5H_4N; 3, $COCH_3$-3 C_5H_4N; 4, $COCH_3$-4 C_5H_4N.

———— Pyridinaldéhydes.

2, CHO-2 C_5H_4N; 3, CHO-3 C_5H_4N; 4, CHO-4 C_5H_4N.

+·+·+· Dérivés quaternisés.

2, CHO-2 $C_5H_4\overset{+}{N}CH_3$; 3, CHO-3 $C_5H_4\overset{+}{N}CH_3$; 4, CHO-4 $C_5H_4\overset{+}{N}CH_3$; 4 *q*, $COCH_3$-4 $C_5H_4\overset{+}{N}CH_3$.

($C = 10^{-3}$ Mole/l).

Les dérivés quaternisés des aldéhydes ont été obtenus par action de l'iodure de méthyle sur la base au sein du nitrobenzène [4]. Ceux des cétones présentent les caractéristiques suivantes : iodure de N-méthyl acétyl-3 pyridinium ($C_8H_{10}ONI$) jaune vif F 166° : iodure de N-méthyl acétyl-4 pyridinium ($C_8H_{10}ONI$) orangé F 176°.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) J. Tirouflet, P. Fournari et J. P. Chane, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1799; J. Tirouflet et E. Laviron, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 397.

([2]) I. M. KOLTHOFF et J. J. LINGANE, *Polarography*, Int. Science publishers, New-York, 1952, p. 85.

([3]) A. KIRRMANN et J. M. SAVEANT, Communication privée; J. M. SAVEANT, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1958.

([4]) S. GINSBURG et I. B. WILSON, *J. Amer. Chem. Soc.*, 79, 1957, p. 484.

(Faculté des Sciences, Dijon.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches spectrographiques et chimiques dans le groupe de l'anthracène. Action du bromure d'isopropylmagnésium sur le cyano-9 anthracène.* Note de M. **MODESTE MARTYNOFF**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La condensation du bromure d'isopropylmagnésium avec le cyano-9 anthracène conduit au cyano-9 isopropyl-10 dihydro-9.10 anthracène. Cette réaction apparemment anormale s'explique par la transposition transannulaire de la cétimine *méso* anthracénique (ou de son complexe magnésien) en dérivé dihydroanthracénique plus stable. On isole une faible quantité d'un produit de duplication hydrogéné du nitrile initial.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons montré que si la condensation de l'iodure de méthylmagnésium avec le cyano-9 anthracène s'effectue normalement en donnant naissance à une cétimine, l'action du chlorure de ter.butylmagnésium sur ce même nitrile conduit, non pas à l'anthracyl-(9) ter.butylcétimine attendue, mais à son isomère de compensation le cyano-9 ter.butyl-10 dihydro-9.10 anthracène.

Plus récemment, R. Lalande et R. Calas ([2]) ont observé la même réaction anormale dans le cas du chlorure de benzylmagnésium; en faisant agir ce réactif sur le cyano-9 anthracène, ces auteurs n'ont pas isolé de cétimine, mais un produit non basique, le cyano-9 benzyl-10 dihydro-9.10 anthracène.

Tandis que nous avons attribué cette anomalie à une transposition transannulaire, R. Lalande et R. Calas expliquent la formation de leur dérivé dihydroanthracénique « simplement par addition du réactif organomagnésien en 1-6 aux extrémités du système conjugué ».

Dans la présente Note, nous décrivons brièvement un nouveau cas semblable aux deux précédents : l'action du bromure d'isopropylmagnésium sur le cyano-9 anthracène. Ici encore on obtient non pas l'anthracyl-(9) isopropylcétimine (I), mais son isomère transannulaire, le cyano-9 isopropyl-10 dihydro-9.10 anthracène (III), à côté d'une petite quantité d'un produit de duplication du cyano-9 anthracène, le dicyano-9.9′ tétrahydro-9.9′.10.10′ dianthracyle-(10.10′) (IV).

La réaction principale peut être représentée par le schéma

$$
\begin{array}{ccccccc}
 & & CH_3-CH-CH_3 & & & & \\
C\equiv N & & C=NH & & C=NH & & C\equiv N \\
| & & | & & \| & & | \\
C & & C & & C & & CH \\
C_6H_4 \quad C_6H_4 & \xrightarrow{C_3H_7MgBr} & C_6H_4 \quad C_6H_4 & \rightarrow & C_6H_4 \quad C_6H_4 & \rightarrow & C_6H_4 \quad C_6H_4 \\
CH & & CH & & CH & & CH \\
 & & & & | & & | \\
 & & & & CH_3-CH-CH_3 & & CH_3-CH-CH_3 \\
 & & (I) & & (II) & & (III)
\end{array}
$$

Pour simplifier, nous y considérons, comme dans les Publications précédentes, le système après l'hydrolyse du complexe magnésien, mais cela n'implique pas de notre part une prise de position quant au stade auquel se produit la transposition; à première vue, il ne paraît pas impossible qu'elle s'effectue, au moins partiellement, sur les organométalliques eux-mêmes.

En ce qui concerne le produit de duplication (IV)

$$
\left[
\begin{array}{c}
C\equiv N \\
| \\
CH \\
C_6H_4 \quad C_6H_4 \\
CH \\
|
\end{array}
\right]_2
$$

la question de savoir s'il se forme directement à partir du cyano-9 anthracène ou par la désalcoylation du complexe magnésien correspondant à la cétène-imine (II), comme l'ont supposé R. Calas et R. Lalande ([3]) dans un cas analogue, sera examinée ultérieurement.

Comme on vient de le constater, l'action des magnésiens d'*iso*-propyle et de *normal*-propyle ([2]) aboutit à des produits fonctionnellement différents — nitrile dihydroanthracénique pour le premier, cétimine anthracénique pour le second, le produit accessoire (IV) étant le même pour les deux. Toutefois, il ne semble pas qu'il y ait lieu d'envisager des mécanismes réactionnels différents dans chaque cas particulier. A notre avis, la réaction initiale donne toujours naissance à une anthracyl-9 alcoylcétimine, mais les conditions stériques, déterminées en premier lieu par la nature du radical alcoyle (ou aryle), peuvent parfois être favorables à la migration transannulaire et faire évoluer le système vers la structure dihydroanthracénique plus stable. Bien qu'il ne nous ait pas été possible d'isoler l'anthracyl-9 isopropylcétimine (I), trop labile, nous avons pu l'identifier dans les solutions de cyano-9 isopropyl-10 dihydro-9.10 anthracène (III)

non seulement par la méthode spectrographique, mais aussi par des réactions chimiques. Ces recherches feront l'objet d'une prochaine Communication. La nature desmotropique du lien unissant les structures du type (I) et (III) étant établie, le comportement « anormal » de certains réactifs de Grignard vis-à-vis du cyano-9 anthracène s'explique tout naturellement par la grande aptitude aux transpositions transannulaires qui caractérise les dérivés *méso*-substitués de l'anthracène.

Cyano-9 *isopropyl*-10 *dihydro*-9.10 *anthracène*, $C_{18}H_{17}N$ [formule (III)]. — On prépare le bromure d'isopropylmagnésium (3 mol) au sein de l'éther anhydre, selon la technique habituelle. On ajoute ensuite, petit à petit, une solution benzénique de cyano-9 anthracène (1 mol) et chauffe 6 h à reflux. On décompose le complexe formé au moyen du chlorure d'ammonium, en présence de glace. Après le traitement usuel, on obtient une huile jaune d'où l'on extrait par cristallisation le nitrile dihydroanthracénique, avec un rendement de 40 % environ. Aiguilles incolores F 139° (alcool). Calculé %, C 87,45; H 6,88; N 5,67; trouvé %, C 87,34; H 6,92; N 5,90.

Le spectre d'absorption est très proche de celui du dihydro-9.10 anthracène; en solution alcoolique on observe deux maxima nets vers 2 700 et 2 630 Å et un minimum vers 2 385 Å, les points correspondants de la courbe d'absorption de l'hydrocarbure étant à 2 710, 2 640 et 2 345 Å.

A côté du cyano-9 isopropyl-10 dihydro-9.10 anthracène, on isole en petite quantité deux produits peu solubles fondant respectivement à F_{inst} 275 et 335°, qu'on sépare par des cristallisations fractionnées dans l'acide acétique et qui, d'après les analyses élémentaires et les mesures d'absorption, semblent être identiques aux deux formes stéréoisomères du dicyano-9.9′ tétrahydro-9.9′.10.10′ dianthracyle-(10.10′) [formule (IV)] décrites par R. Calas et R. Lalande [3].

(1) M. Martynoff, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 787.
(2) R. Lalande et R. Calas, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1895.
(3) R. Calas et R. Lalande, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2239.

(*Laboratoire de Chimie macromoléculaire à la Sorbonne.*)

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Caractères des huiles d'amandon d'olive obtenues par différents procédés.* Note (*) de M[lles] **Marie-Thérèse François** et **Suzanne Heinrich**, présentée par M. Marcel Delépine.

De l'époque romaine à la fin du XIX[e] siècle [1] on a admis, sans preuve réelle, que si l'on évite de briser le noyau au cours du malaxage, puis de la pression des olives, l'huile obtenue est plus goûtée et sa conservation

peut se poursuivre longtemps sans altération. On conseillait, en conséquence, de séparer une huile de première pression ménagée exclusivement extraite du mésocarpe du fruit, d'une huile de seconde pression constituée par un mélange d'huile de mésocarpe et d'huile d'amande ([2]).

L'amélioration de la puissance des appareils mécaniques et la recherche de l'augmentation des rendements ont aboli cette distinction et les huiles d'olive commerciales actuelles correspondent à des huiles totales qu'elles soient de pression unique, de première ou de seconde pression. On tendrait, cependant, pour la mise au point de procédés de fabrication continue, à procéder au dénoyautage méthodique des olives et, de ce fait, à produire les huiles préconisées par les anciens mais en fournissant, parallèlement, des noyaux constituant une matière première oléagineuse dont les tonnages ne seraient pas négligeables.

Le triple souci d'examiner pour elle-même l'huile, encore fort peu connue ([3]), contenue dans les amandes d'olive, de déterminer le rôle réel qu'elle peut jouer vis-à-vis des qualités alimentaires et du stockage de l'huile d'olive, de rechercher, enfin, la valorisation d'un sous-produit de l'huilerie nous ont amenées à entreprendre l'étude de l'huile « d'amandon » ([4]).

Ce travail préliminaire est limité à l'examen des produits obtenus par l'application de différentes méthodes d'extraction de l'huile, à leur influence sur le rendement et sur quelques caractères analytiques usuels des produits résultants.

Le premier examen révèle que le noyau entier, pauvre en huile, constitué par une coque scléreuse très dure et une amande beaucoup plus tendre, ne peut être traité que par solvant même après pulvérisation. L'épuisement de la poudre par de l'éther de pétrole (point d'ébullition voisin de 68°, correspondant sensiblement à de l'hexane technique) donne un miscella dont l'évaporation laisse une huile verte, assez foncée, d'aspect très différent de celui de l'huile d'olive ou de toute autre huile de table et dont l'emploi alimentaire ne peut être envisagé. Il paraît donc nécessaire de procéder à la séparation des amandes grâce à un concassage ménagé et à un triage aussi parfait que possible.

Les amandes broyées ont été traitées dans une presse à cage de laboratoire (force maximum 300 kg) ce qui nous a permis d'obtenir successivement une huile de première pression à froid, une huile de seconde pression (après un broyage plus poussé qui atteignait les fragments de coques — 3 % — accompagnant encore les amandes) à la température de 60-70°, une huile d'épuisement par l'éther de pétrole du tourteau issu de la seconde pression. A titre de comparaison, nous avons soumis à l'épuisement direct des amandons broyés, rigoureusement exempts de coques, en traitant une partie d'entre eux par de l'éther de pétrole, l'autre partie

par de l'alcool éthylique à une température voisine de la température d'ébullition. Des noyaux correspondant à plusieurs récoltes ont été utilisés. les uns dans les semaines qui ont suivi leur réception, les autres après un stockage d'une année.

Les rendements et les caractères analytiques des huiles sont indiqués dans le tableau suivant :

	Rendement.		Couleur.	Indice d'acide.	Absorption spécifique pour les longueurs d'onde.		
					232 mμ.	270 mμ.	Rapport $\frac{K_{232}}{K_{270}}$
Poudre totale (Sfax, 1955).	Éther de pétrole...	37	Brun verdâtre	16.5	–		
	Alcool [3].......	21	Verte	0.8	–	–	–
Amandons (1956-1957) traités immédiatement.	Éther de pétrole...	38	Jaune foncé	2,3	–	–	
	Alcool	23	Jaune	0.4	–		
Amandons (1956-1957) traités après un an.	1re pression......	15,7	»	3,4	3.026	0,264	11.5
	2e »	6,4	»	26,2	2.5	0,605	4.1
	Résidu..........	7,4	Jaune brunâtre	31.5	3.361	1.245	2.6
	TOTAL.......	29,5					
	Éther de pétrole...	31,5	» foncé	15,6	2,380	0,41	5.8
	Alcool	21	» plus clair	0.6	1,935	0,350	6,1
Amandons (1957-1958) traités immédiatement.	**1re *pression*......**	**26**	***Jaune***	**0.6**	**1.765**	**0.132**	**13.3**
	2e »	6	»	1.5	2.610	0.560	4.6
	Résidu..........	6	Jaune brunâtre	4	3,795	1.210	3.1
	TOTAL.......	38					
	Éther de pétrole...	38,7	» foncé	1.2	2.087	0,294	7.1
	Alcool	30,7	» clair	0.6	2.03	0,270	7.5

N. B. — Les indices de réfraction, les indices d'iode et de saponification ainsi que les densités varient peu et sont conforme aux valeurs habituelles relatives aux huiles non siccatives.

L'examen du tableau montre :

1° que le stockage prolongé des noyaux correspond à une baisse notable du rendement en huile. Cet abaissement paraît se répercuter surtout sur l'huile de première pression. A la diminution du rendement se lie une augmentation de l'indice d'acide;

2° que les noyaux frais fournissent, avec un rendement convenable, une huile de première pression de faible acidité et dont l'absorption de la lumière ultraviolette, pour les longueurs d'onde situées à 232 et 270 mμ, démontre qu'il s'agit d'une huile peu oxydée, comparable aux huiles d'olive vierges de bonne fabrication. L'huile obtenue par extraction au moyen de l'éthanol paraît assez voisine de l'huile de première pression, elle se distingue nettement de l'huile de seconde pression et de l'huile préparée par épuisement par l'éther de pétrole;

3° La dégustation et les autres caractères physiques et chimiques

dont la détermination est classique dans l'examen des huiles alimentaires ne révèlent rien d'inhabituel et permettent de penser que l'huile d'amandon peut prendre rang dans l'alimentation sans subir aucun raffinage.

Nous nous proposons de poursuivre l'étude des amandons d'olive par l'examen de noyaux correspondant à des échantillons d'origines botanique et géographique diverses, par la détermination de la composition de l'huile, notamment en ce qui concerne les matières insaponifiables et les composés mineurs biologiquement actifs, par l'analyse du tourteau lui-même en vue de son utilisation humaine ou animale en ayant garde de ne pas négliger la recherche systématique des glucosides cyanogénétiques en fonction des races et des variétés.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) PLINE, livre VII, chap. 57; livre XV, chap. 1, 3; livre XVII, chap. 11, 12, 18, 24; livre XVIII, chap. 28; CATON, chap. 43, 45, 64, 65; *De re rustica*, chap. 117, 118, 119, 144; COLUMELLE, livre V, chap. 7, 9; livre XI, chap. 2; livre XII, chap. 50; VARRON, livre I, chap. 55, VIRGILE, *Georgiques*, livre II; Abbé ROZIER, *Cours complet d'Agriculture*, 12 vol. in 4°, Paris, 1787, p. 532-593; BERNARD, *Mémoire pour servir à l'Histoire Naturelle de Provence*, in-8°, 11, Paris, 1788; P. D'AYGALLIERS, *L'olivier et son huile*, un vol. in-8°, J. B. Baillière, Paris, 1900.

(2) On ignorait, évidemment, à cette époque, qu'il suffit d'écraser le fruit pour permettre l'action immédiate des diastases lypolytiques et des diastases oxydantes provoquant une altération déjà sensible des matières premières destinées à subir une seconde pression.

(3) M. DE MINGO et J. M. KOMERO, *Rev. de la Real Acad. de Cience Ex Fis y Naturales Madrid*, 47, 1953, p. 557-585.

(4) Le nom d'amandon est, de longue date, consacré par l'usage, il désigne la semence de l'olive et celle-ci représente 2,5 % du poids du fruit entier frais ou 18 % du poids du noyau.

(5) L'extrait obtenu par l'alcool bouillant se sépare en deux phases par refroidissement; une phase constituée par l'huile pratiquement neutre retenant un peu d'alcool en dissolution (chiffre indiqué dans la colonne du rendement), une phase alcoolique contenant les acides gras libres, des esters et des substances insaponifiables diverses; les uns et les autres encore insuffisamment identifiés. Suivant les opérations, les lipides de la phase alcoolique représentent 1 à 2 % du poids de la matière première.

(Laboratoire de Matière médicale, Faculté de Pharmacie, Nancy.)

GÉOLOGIE. — *Appréciation des mouvements épirogéniques sur la méséta marocaine au Pliocène et au Quaternaire, et conséquences pour la stratigraphie du Quaternaire marin.* Note (*) de M. **MARCEL GIGOUT**, présentée par M. Paul Fallot.

La méséta marocaine a subi, au Pliocène et au Quaternaire, certainement de légères déformations, peut-être un très faible soulèvement. Dans ce cas, les hauts niveaux des plages du Quaternaire ancien seraient causés partiellement par l'épirogenèse, comme ils le sont ailleurs par l'orogenèse.

Pour tenter d'apprécier les mouvements eustatiques pléistocènes, on a évidemment intérêt à rechercher des régions stables à cette époque. L'instabilité tectonique revêt divers aspects, qui sont surtout : l'orogenèse, l'épirogenèse, les ajustements isostatiques et le volcanisme. Ce dernier est d'identification facile. De même, l'isostasie par décharge glaciaire, qui est bien localisée. L'isostasie par décharge due à l'érosion est plus difficile à saisir; il est logique qu'elle ne puisse intervenir que là où l'érosion est particulièrement intense, c'est-à-dire les hauts reliefs proches d'un niveau de base.

L'orogenèse pléistocène est souvent bien identifiée; c'est le cas des chaînes montagneuses littorales, où des dépôts marins du Quaternaire ancien sont portés à de hautes altitudes, gauchis ou même plissés. Il y en a de beaux exemples en Méditerranée occidentale; dans ce cas, l'orogenèse se poursuit depuis le Tertiaire, et plusieurs auteurs ont remarqué que les déformations du Pléistocène sont, généralement, l'accentuation des mouvements pliocènes, tels le soulèvement d'anticlinaux, le jeu de flexures. Disons qu'il y a alors *homologie tectonique entre le Pliocène et le Quaternaire.*

Restent les mouvements épirogéniques. Ils sont connus surtout par leurs effets sur les mers épicontinentales. On ne peut pas affirmer qu'ils soient d'une essence différente des mouvements orogéniques : ils peuvent avoir les mêmes causes, mais n'en seraient que des répercussions sur les aires continentales. En tous cas, il est vraisemblable que l'homologie tectonique Pliocène-Quaternaire leur est également applicable. La question est pour nous de savoir s'ils ont eu au Quaternaire des vitesses suffisantes pour troubler la stratigraphie, ou si, au contraire, certaines régions privilégiées peuvent être considérées comme immobiles pendant le Quaternaire. On a souvent émis des opinions sur ce sujet, rarement tenté des mesures. Pour ma part, j'ai présenté la méséta marocaine comme pourvue de la stabilité souhaitable : pas d'orogenèse quaternaire, ni de volcanisme; pas non plus de réaction isostatique à l'érosion, celle-ci n'ayant enlevé qu'une tranche peu épaisse de terrain, en biseau sur le bord de la plate-forme pliocène presque intacte; en outre, des accumulations éoliennes puissantes compensent presque l'érosion. Pour ce qui est d'un mouvement épirogénique, je le croyais peu vraisemblable, à cause de la rigidité de la méséta marocaine au cours des temps géologiques, depuis l'orogenèse hercynienne : les sédiments secondaires et tertiaires y sont tabulaires.

Un examen plus attentif met en doute cette conception. Voyons d'abord la disposition tectonique du Pliocène. Dans diverses descriptions régionales j'ai montré que le Pliocène, bien que généralement horizontal, est légèrement déformé par endroits, avec quelques ondulations, flexures et failles. Le monoclinal de Daourat en est un bon exemple. En outre, le rivage d'extension maximum de la mer pliocène est connu avec assez de

précision dans l'arrière-pays de Casablanca et Safi; il oscille actuellement entre les altitudes 200 et 350 m. Un gauchissement de la fin du Pliocène est donc certain. Il semble aussi que cette déformation soit accompagnée d'un soulèvement d'ensemble, car le niveau général des mers n'a pas dû s'élever de 200 à 300 m par le fait de la transgression plaisancienne : l'extension mondiale du Pliocène marin serait bien plus grande.

Passons au Pléistocène. Si l'homologie tectonique est applicable ici, comme je le crois, le gauchissement et le soulèvement de la méséta marocaine ont dû se poursuivre. La faible durée par rapport au Pliocène n'aura permis, à vitesse égale, que des effets limités. Sont-ils négligeables ? Certainement pas en ce qui concerne les déformations : j'ai signalé [1] quelques jeux de failles ou flexures au Quaternaire ancien. D'autre part le Calabrien, dont le rivage atteint 100 m sur la plus grande partie de la méséta marocaine, ne dépasse pas 60 m à Rabat [2]. Ce qui est vrai pour la déformation doit l'être pour le soulèvement : *le raisonnement par l'homologie tectonique Pliocène-Quaternaire fait donc soupconner la méséta marocaine d'un léger exhaussement au cours du Pléistocène.*

Les variations eustatiques et les déformations tectoniques ont des échelles très différentes. Une variation de 100 m du niveau océanique a des effets importants, alors qu'un gauchissement tectonique de la même amplitude est chose généralement négligeable. L'orogenèse le réalise en peu de temps. Peut-être aussi l'épirogenèse car, à la réflexion, ce serait beaucoup demander à un bloc continental, de demeurer rigide et stable à quelques mètres près pendant la durée du Quaternaire. Que la méséta marocaine, qui mesure 12 000 km², ne se soit déformée verticalement au Quaternaire que d'une cinquantaine ou d'une centaine de mètres, serait déjà remarquable, mais interdirait de l'utiliser comme point fixe pour l'appréciation des mouvements eustatiques.

Les conséquences peuvent être importantes pour l'histoire du Quaternaire. Il est avéré que les hauts niveaux du Quaternaire ancien marin sont, sur les côtes montagneuses, à *orogenèse* récente et actuelle, essentiellement dus à des déformations. Peut-être en est-il de même pour les régions soumises seulement à des gauchissements *épirogéniques* : si les doutes qui pèsent sur la stabilité complète de la méséta marocaine sont confirmés, on devra admettre que les altitudes assez élevées des plages du Quaternaire ancien, qu'on y observe effectivement, n'indiquent pas un abaissement général des mers. Il ne resterait alors, comme composante eustatique, que des fluctuations d'ampleurs limitées, responsables des « pulsations » transgressives et régressives. Six sont maintenant connues au Maroc atlantique (dont une, enregistrée vers — 20 m, est mineure). Il me paraît impossible d'expliquer aussi ces allées et venues répétées par des mouvements épirogéniques, surtout parce qu'elles vont de pair avec des

fluctuations climatiques, inscrites dans la stratigraphie des dépôts continentaux ([3]).

(*) Séance du 7 juillet 1958.
([1]) *Trav. Inst. Scient. Chérif.*, sér. géol., n° 5, 1956, p. 55.
([2]) Ceci sera développé dans une publication en préparation.
([3]) M. Gigout et R. Raynal, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2528.

(*Faculté des Sciences, Lyon.*)

GLACIOLOGIE. — *Frottement sur le lit et mouvement par saccades d'un glacier.* Note (*) de M. **Louis Lliboutry**, présentée par M. Léon Moret.

Les observations de Vallot à la Mer de Glace montrent que le frottement dynamique sur le lit est 1,0 bar, et décroît très légèrement avec la vitesse de glissement, alors que le frottement statique est 1,8 bar. Cette différence permet d'expliquer l'écoulement par saccades observé par Millecamps.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai signalé l'étude dynamique de la Mer de Glace que j'ai pu faire à partir des mesures de Joseph Vallot. J'ai ensuite calculé le frottement sur le lit par unité d'aire, f, avec une formule améliorée, qui tient compte de la variation de tension longitudinale le long du glacier :

$$f = R\rho g\alpha + R\frac{dD}{dx}.$$

ρg est le poids spécifique de la glace, α la pente de la surface supposée faible, R le rayon hydraulique; D est une valeur moyenne de la traction longitudinale, abstraction faite de la pression hydrostatique; Ox est pris parallèle à la vitesse.

On trouve pour le tronçon Echelets-Montenvers, qui glisse sur son lit (frottement dynamique) 0,99 bar les années ordinaires et 0,97 bar en 1891-1893, années où la vitesse de glissement était passé de 105 à 134 m/an. Le frottement sur le lit est donc, avec une grande approximation, indépendant de la vitesse de glissement, ou même varierait en sens contraire. D'après la théorie de Weertman ([2]) il aurait dû augmenter de 11 %.

Notons ici que dans la théorie du plastique parfait, où aussi le frottement sur le lit est rigoureusement constant, une vague ne peut pas se maintenir si f est proportionnel à R, comme le veut la formule classique $f = R\rho g\alpha$. J'ai déjà cherché à lever ce paradoxe en faisant intervenir les termes en de/dx (e étant l'épaisseur), mais je trouvais que la vague devait avoir alors un volume considérable ([3]). Le terme $R(dD/dx)$ dans le frottement permet qu'il se maintienne constant sans que R le soit, et permet donc le passage de vagues.

Dans le tronçon Montenvers-Mauvais Pas, qui dans sa presque totalité ne glisse pas sur son lit, le frottement sur le lit était 1,81 bar les années normales, et 1,80 bar en 1891-1893. Le frottement statique est donc voisin de 2 bars. On n'avait jamais trouvé pour un glacier de valeur supérieure à 1,5 bar, car on calculait le frottement moyen sur de plus longues distances.

La différence entre frottement statique et frottement dynamique permet d'expliquer, au moins qualitativement, le mouvement par saccades observé sur de nombreux glaciers de vallée. Sur la Mer de Glace de telles saccades, espacées de quelques heures au maximum, ont été observées en 1956 par Millecamps ([4]). Les pulsations observées par Washburn et Goldthwait ([5]) se faisaient à moins de 20 mn d'intervalle. Jusqu'ici on a cherché à expliquer ces saccades, soit par le jeu de failles dans la glace, soit par des discontinuités à l'échelle intracristalline ([6]).

La glace présente à la fois de l'élasticité, de l'élasticité retardée (ou fluage transitoire) et du fluage permanent ([7]) :

$$\varepsilon = \frac{D}{E_1} + \frac{D}{E_2}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + \frac{D}{\eta_0}\,t.$$

τ est de l'ordre de l'heure. D étant de l'ordre du bar, la déformation élastique instantanée LD/E_1 et la déformation élastique retardée LD/E_2 sur un tronçon de longueur L = 500 m sont toutes deux de l'ordre du centimètre. Un centimètre est justement l'ordre de grandeur du glissement moyen par heure.

J'émets l'hypothèse que lorsqu'il y a mouvement par saccades la limite de la zone de glissement peut osciller entre deux lignes transversales A et B distantes de quelques centaines de mètres. Pour simplifier l'exposé sans nuire à la généralité, supposons D en moyenne nul dans la région. Lorsque la zone AB ne glisse pas, elle empêche d'avancer la zone en amont : D est négatif en A. Cette compression croîtra à mesure que l'élasticité retardée cessera de jouer. Le terme dD/dx ira donc en croissant. Le frottement croîtra jusqu'à près de 2 bars, et le glissement apparaîtra brusquement. Comme le frottement dynamique est seulement de l'ordre du bar, la zone intermédiaire va cette fois pousser la zone aval : dD/dx changera de signe. L'élasticité permettra un glissement de AB de l'ordre du centimètre, puis l'élasticité retardée un autre glissement d'un centimètre. Après quoi, bloqué par la zone aval qui ne glisse pas, AB cessera de glisser et le cycle recommencera. La durée du cycle est donc de l'ordre de deux fois le temps de relaxation τ.

Le glissement et le frottement sur le lit dépendent au premier chef du fluage transitoire, encore très mal connu, alors que l'écoulement du glacier dépend du fluage permanent.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) L. Lliboutry, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 114.

(2) J. Weertman, *J. of Glaciology*, 3, 1957, p. 33.

(3) L. Lliboutry, *J. Phys. Rad.*, à paraître en 1958.

(4) R. Millecamps, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 397 et 803.

(5) P. Choumsky, *Osnovy strouctournovo liedovedenyia* (*Principes de Glaciologie structurale*), 1955, p. 331. Traduction française C. E. D. P., 1957, p. 177.

(6) B. Washburn et R. Goldthwait, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 48, 1937, p. 1653.

(7) R. Brill, *S. I. P. R. E.* Report 33, 1957.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'étude expérimentale des courants jets atmosphériques.* Note (*) de M. **Georges Barbé**, présentée par M. André Danjon.

Vingt-trois sondages successifs effectués en 24 h les 6 et 7 janvier 1958 ont permis de mettre en évidence certains éléments de la stucture fine transversale d'un courant jet à grande vitesse.

L'instrument de mesure est un radar poursuivant automatiquement un but constitué par un réflecteur métallique passif suspendu à un ballon. Sa précision est supérieure à 6 km/h dans la détermination de la force du vent (1), (2). La précision dans la mesure de l'angle d'azimut de la droite radar-ballon étant supérieure à 2/1000e (1), (2) de radian, on peut montrer que la précision correspondante dans la mesure de la direction du vent à l'intérieur du tube de jet jusqu'au voisinage du niveau du maximum de vent reste supérieure à 2°. La vitesse ascensionnelle du ballon est d'environ 400 m/mn; les lectures ont lieu toutes les minutes.

Le tube de jet intéressé a une orientation Ouest-Est. Il s'est décalé, au cours de la période des mesures, du Nord vers le Sud, ce qui a permis d'explorer successivement :

— la partie externe « chaude » du tube — la partie centrale et la partie externe « froide » de celui-ci. L'ensemble des sondages permet ainsi une analyse transversale complète du tube de jet.

Les résultats obtenus sont fondés sur l'hypothèse que la circulation de l'air à l'intérieur du tube a peu varié au cours de la période recouverte par les mesures. Cette hypothèse est justifiée, à la fois :

— par l'expérience acquise dans la mesure, à Trappes, de plusieurs jets ayant intéressé auparavant le Sud-Ouest des Iles Britanniques : le vecteur vent mesuré à Trappes présente sensiblement les mêmes caractéristiques que le vecteur vent mesuré antérieurement par les stations radar du Sud-Ouest de l'Angleterre;

— par la cohérence interne des résultats trouvés et, en particulier, par la mise en évidence d'une vitesse de décalage du tube de jet, en mesurant la correspondance temps-espace entre les données des sondages successifs de

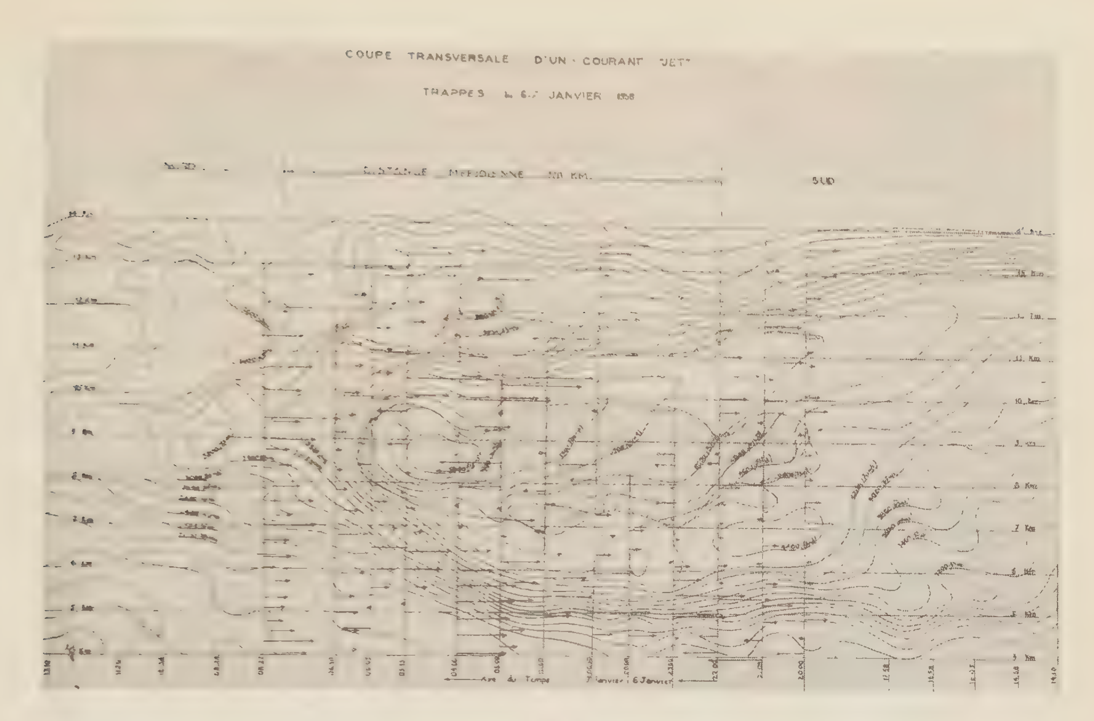

COUPE TRANSVERSALE D'UN COURANT "JET"
TRAPPES le 6-7 JANVIER 1958
SUD

Fig. 1.

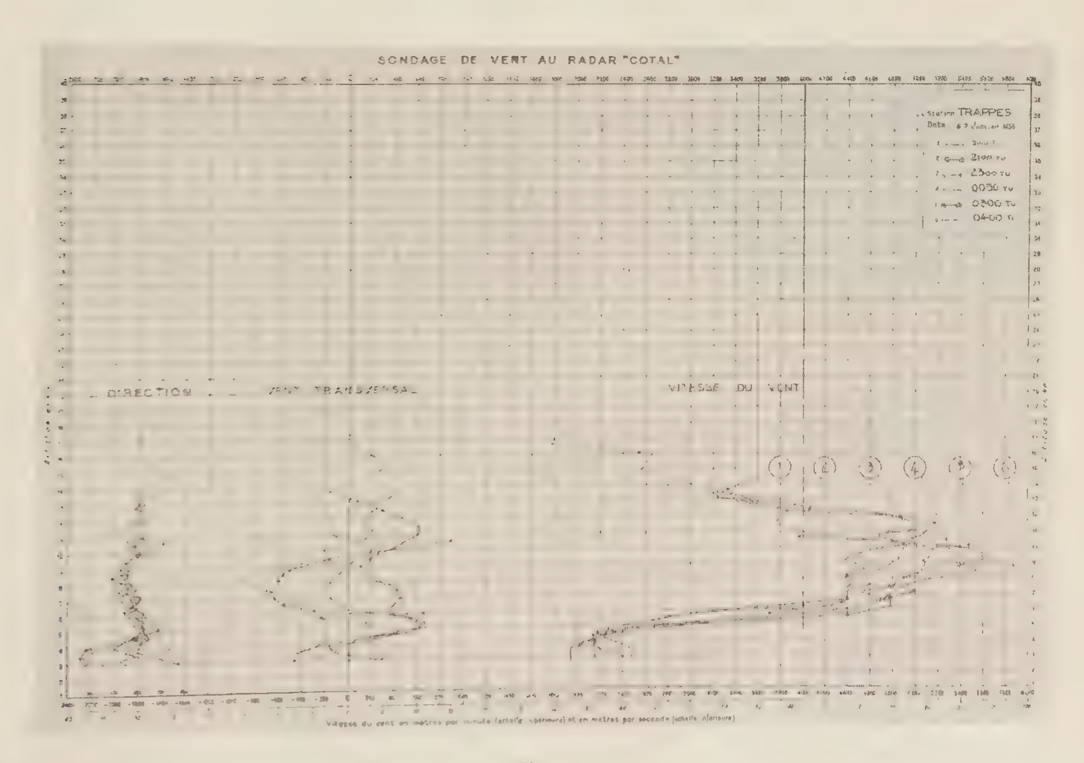

SONDAGE DE VENT AU RADAR "COTAL"
Station TRAPPES
DIRECTION
VITESSE DU VENT

Fig. 2.

Trappes et la répartition, à une heure donnée — le 7 janvier à 00.00 T. U. — de la vitesse du vent dans l'espace appréciée à l'aide du réseau de stations de mesures de vent en altitude;

— par l'analogie existant entre les résultats présents ci-dessus et ceux qui résultent d'une exploration du jet directement dans l'espace, au voisinage d'une heure donnée, par des avions [3].

Structure fine transversale du tube de jet. — La figure 1 représente la coupe transversale verticale — équivalente — du tube de jet selon la direction Nord-Sud.

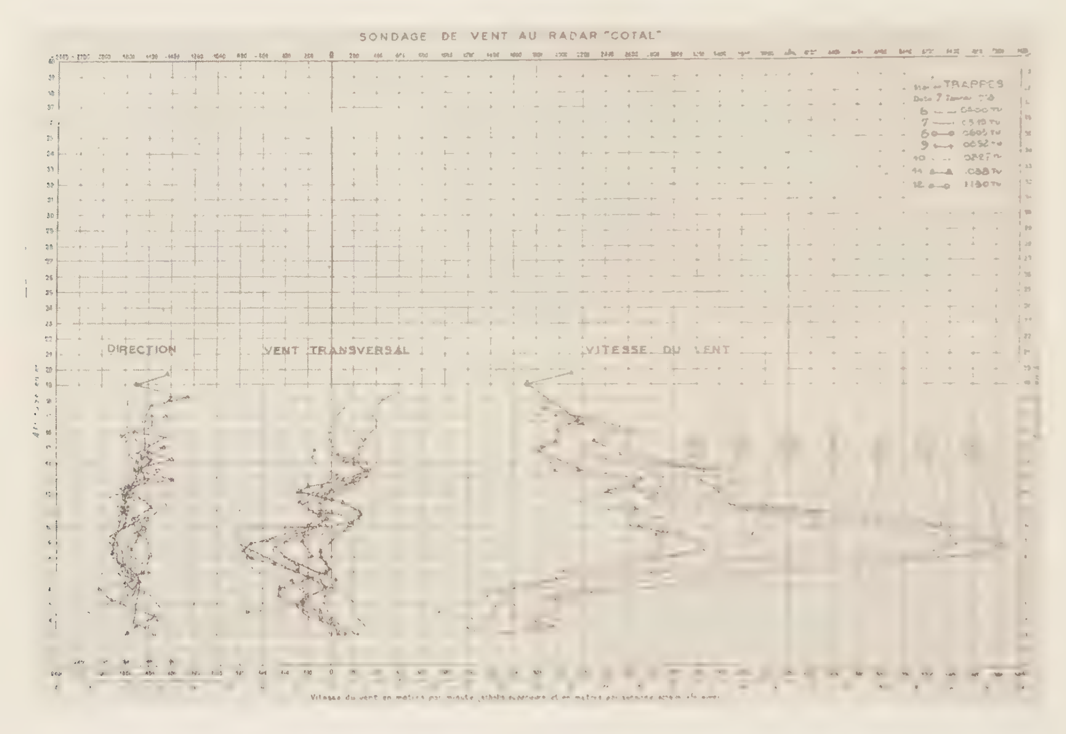


Fig.

L'essentiel de cette coupe est constitué par la famille des courbes d'égale vitesse du vent; leur répartition définit et localise directement les couches de fort gradient vertical de vent.

La correspondance espace-temps permet de mesurer, sur le côté « froid » du tube de jet, un gradient horizontal de vent très élevé.

La circulation radiale — dans le plan horizontal — de l'air à l'intérieur du tube est mise en évidence : le plan de la coupe est perpendiculaire à la direction du vent sur l'axe du jet, soit 276°; le « vent radial » en un point est le vecteur — méridien qui, ajouté géométriquement à un vecteur orienté dans la direction 276°, donne le vecteur vent vrai en grandeur et

en direction. Deux plages homogènes de vent radiaux Sud-Nord entourées de vent radiaux Nord-Sud, sont ainsi délimitées.

Les figures 2 et 3 représentent, en fonction de l'altitude z, la vitesse $|\vec{V}|$ et la direction D du vent en rose de 360°.

Les données numériques caractéristiques du tube de jet déduites de cette analyse sont les suivantes :

— vitesse maximum du vent 360 km/h, soit 100 m/s;

— altitude de ce maximum 8 600 m;

— gradient vertical maximum du vent :

au-dessous de l'axe entre les altitudes 4 et 6 km : 90 km/h pour 1 km;

au-dessus de l'axe entre les altitudes 11,5 et 12,5 km : 90 km/h pour 1 km;

— gradient horizontal maximum du vent :

du côté froid (N) du tube : 225 km/h pour 100 km entre deux points situés respectivement à 50 km et à 90 km de l'axe du tube;

du côté chaud (S) : 17 km/h pour 100 km entre deux points situés respectivement à 200 km et à 500 km de l'axe du tube;

étendue transversale du tube de jet : le tube à la surface duquel on rencontre la vitesse 300 km/h, soit 5/6ᵉ du vent maximum, a une largeur de 400 km.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) G. D. BARBÉ, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3266.

(2) G. D. BARBÉ, *J. Meteor. Soc. of Japan*, the 75th Anniversary Volume, November 1957.

(3) R. M. ENDLICH et G. S. MC LEAN, *J. Meteor.*, December 1957, p. 545.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la cytodiérèse et l'origine des plasmodesmes*. Note (*) de M. **ROGER BUVAT** et Mlle **ANNE PUISSANT**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Après le tassement polaire des chromosomes lors de la télophase, le phragmoplaste, qui édifie la « plaque cellulaire », manifeste des néoformations d'ergastoplasme, dont l'orientation est responsable de l'aspect fibrillaire. La lamelle moyenne qui se constitue respecte les canalicules ergastoplasmiques, aux lieux qui deviendront des plasmodesmes.

Dans une précédente Note (1), nous avons décrit l'infrastructure des plasmodesmes de diverses cellules végétales, et nous avons montré que le cytoplasme est continu le long de ces canalicules qui traversent les membranes. Nous avons montré que, très fréquemment sinon toujours, des tubules ergastoplasmiques franchissent les plasmodesmes, de part en part. Ces observations infirmaient les conceptions classiques, où l'on assi-

milait ces structures aux synapses, qui existent par exemple dans les pores des tubes criblés; nous suggérions alors que les origines de ces deux types de relations intercellulaires devaient être toutes différentes. Nous apportons ici quelques précisions sur le mode de mise en place et l'origine des plasmodesmes, lors de la cytodiérèse dans le méristème radiculaire d'*Allium cepa*.

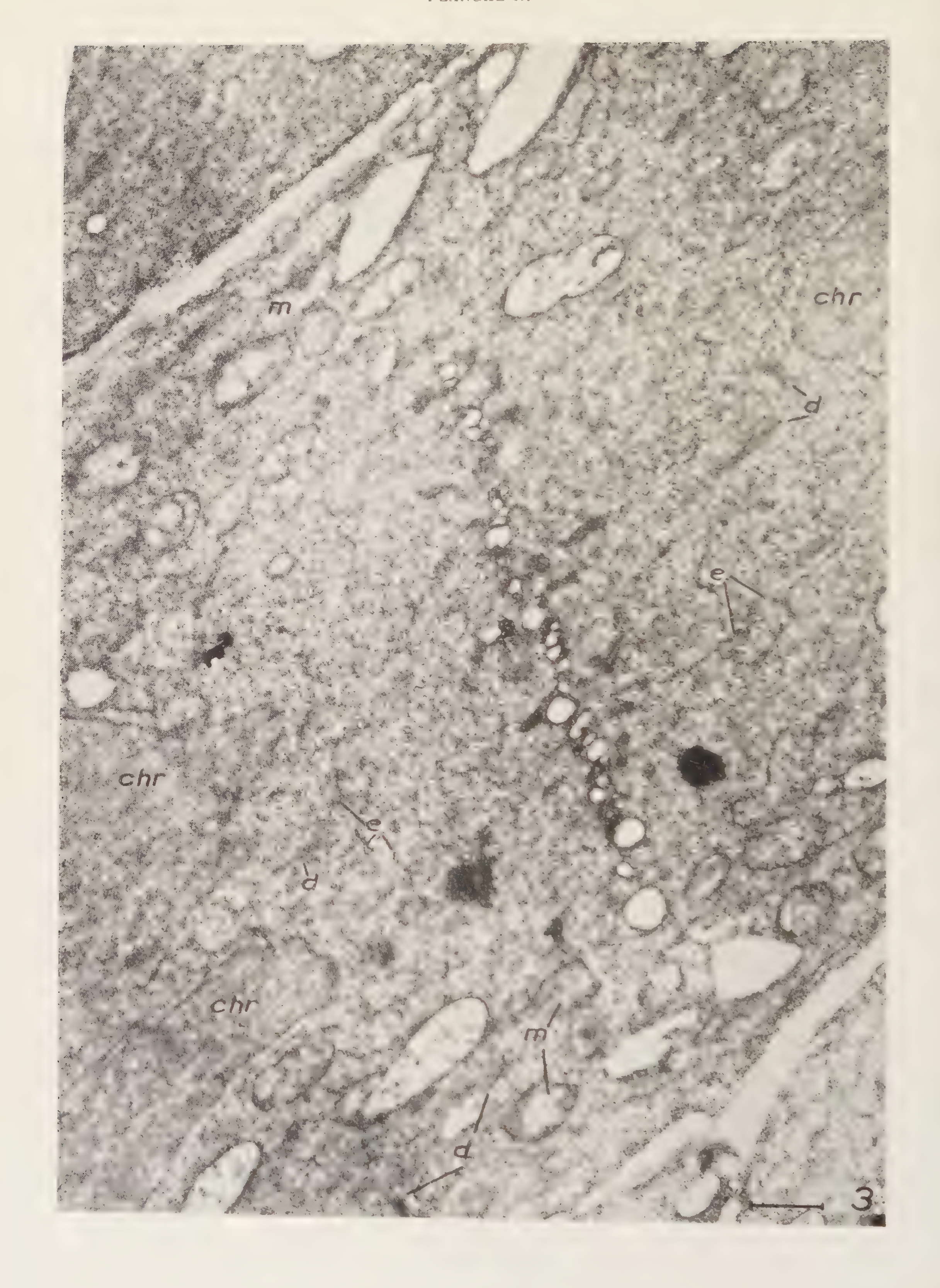
La difficulté de saisir, en microscopie électronique, les détails de la division cellulaire, est accrue par le manque de contraste, dans l'état actuel des techniques, que présentent les chromosomes et la figure dite « achromatique ». En particulier, la fibrillation du fuseau est beaucoup moins évidente, lorsque visible, qu'en microscopie photonique.

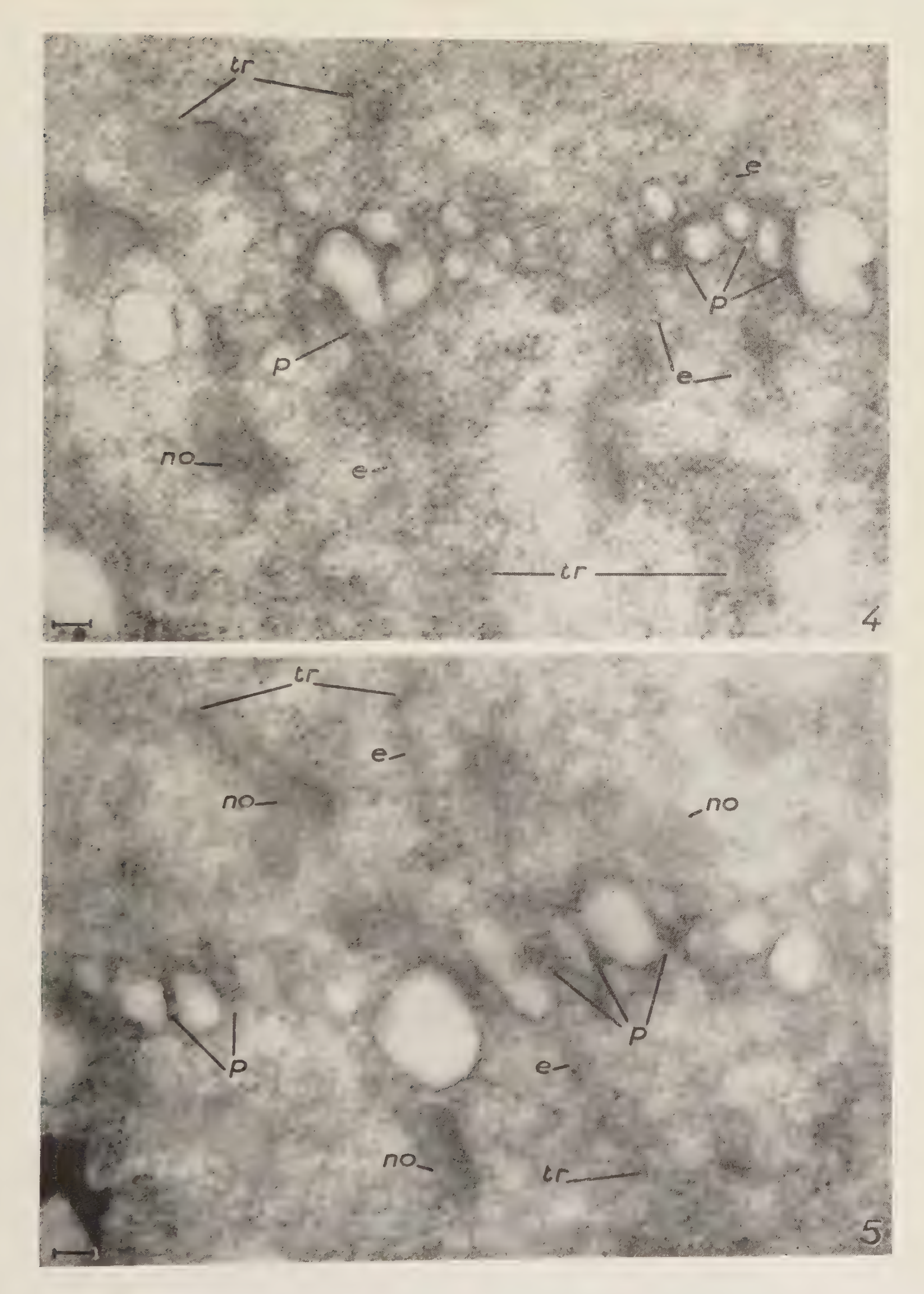
Les figures 1 et 3 montrent, à faibles grandissements, des aspects de télophase et de phragmoplaste, tels qu'ils se présentent au microscope électronique. Les figures 2, 4, 5 et 6, qui représentent à plus fort grandissement, des portions de phragmoplaste, permettent de reconnaître que la très discrète anisotropie fusoriale provient exclusivement de la formation des membranes osmiophiles multiples, souvent associées en faisceaux de tubules, de nature ergastoplasmique, et au voisinage desquelles se concentrent des granules denses, identiques aux « grains de Palade ». Ces derniers, on le sait, tapissent ordinairement le « reticulum endoplasmique », tel que nous l'avons antérieurement décrit dans ces mêmes cellules [2]. Dans le plan équatorial du phragmoplaste, on remarque que les structures ergastoplasmiques sont noyées dans un substrat plus osmiophile qu'ailleurs, substrat dont les prolongements accentuent la striation fusoriale.

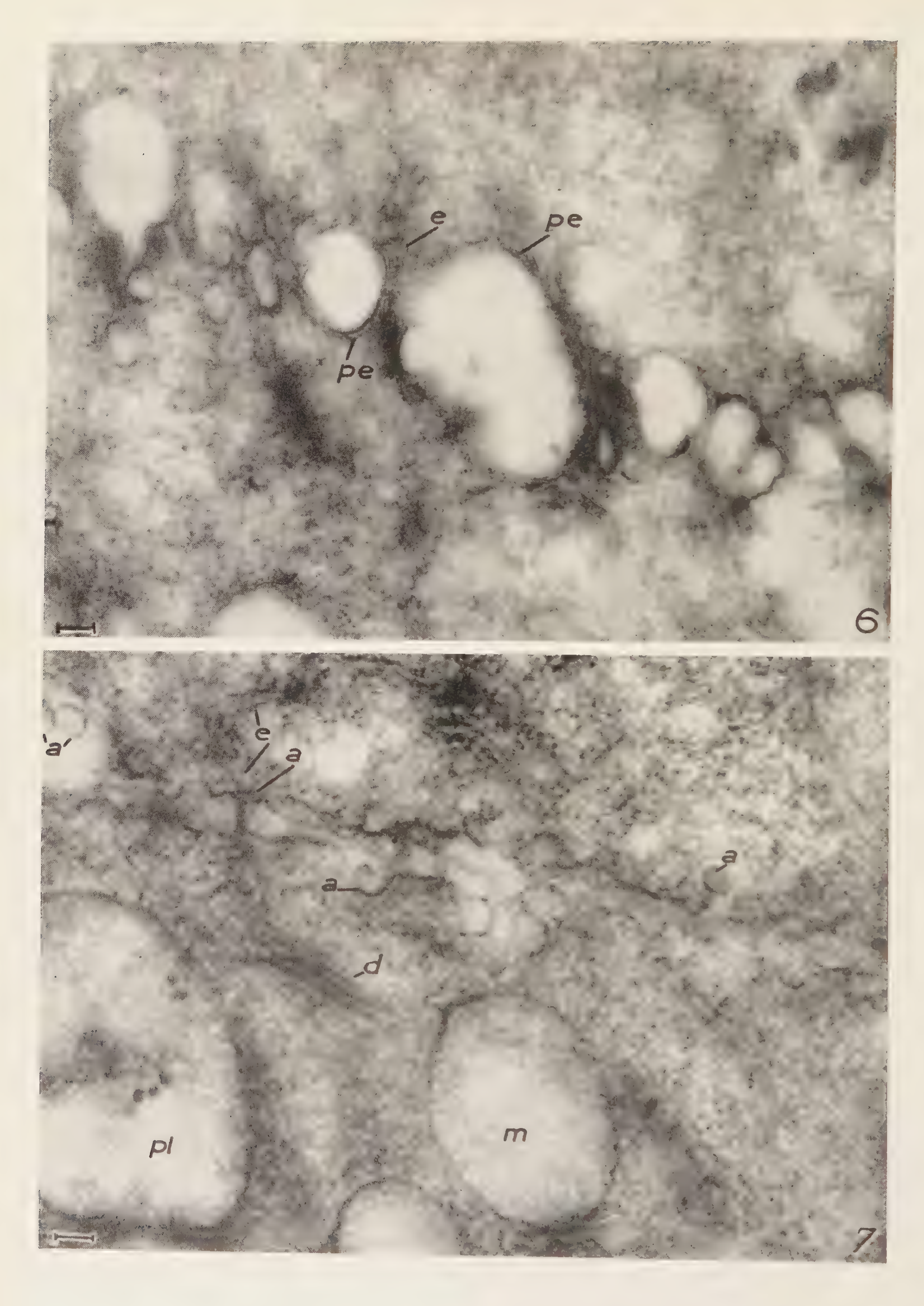
C'est *autour* de ces travées (*tr*), essentiellement ergastoplasmiques, que naissent les petites vacuoles, pectiques d'après la Cytologie classique, qui préludent à la construction de la lamelle moyenne de la future membrane (*fig.* 2, *vp*). Entre elles, on voit en effet les tubules se maintenir. Ces vacuoles pectiques sont d'abord assez distantes, mais elles se font plus abondantes et confluent entre elles, imparfaitement, en laissant subsister des isthmes cytoplasmiques parcourus par l'ergastoplasme. Ces trabécules deviendront les plasmodesmes de la future membrane (*fig.* 4 et 5, *p*). Leur installation *précède donc la membrane elle-même*.

Les sections de phragmoplastes jeunes montrent des vacuoles pectiques souvent plus serrées au centre, où la plaque cellulaire est plus avancée, que vers les bords, où elle progresse. De plus, ces vacuoles deviennent relativement volumineuses (diamètre atteignant 0,5 μ) avant de confluer. Par la suite, il semble que le contenu de ces enclaves se condense; en tout cas, leurs dimensions se réduisent et la très jeune membrane, qui vient de se raccorder à la membrane de la cellule mère, est *beaucoup plus mince* que la plaque cellulaire du phragmoplaste (*fig.* 7).


chr
d
m
chr
v
d
1
tr
vp
no
no
tr
tr
no
2


m
chr
d
e
chr
e
d
chr
m
d
3


tr
e
p
p
e
no
e
tr
4
tr
e
no
no
p
p
e
no
tr
5


e
pe
pe
6
e
a
a'
a
a
d
pl
m
7

Tandis que ces condensations s'opèrent, la substance osmiophile équatoriale se dissipe quelque peu, mais, par contre, on voit les vacuoles pectiques se border des membranes denses qui édifient la nouvelle portion de pellicule ectoplasmique (*fig.* 6, *pe*). Cette pellicule recouvre de manière continue toute la surface des vacuoles pectiques incomplètement coalescentes, elle tapisse notamment les plasmodesmes et ne trouble en rien la continuité des tractus cytoplasmiques qu'ils renferment.

Ces observations devront être complétées par les modalités du raccordement des membranes pectiques, difficiles à étudier actuellement. De plus, les phragmoplastes montrent des structures que nous hésitons à interpréter, en ce qui concerne tant leur nature que leur origine ou leur devenir. Les figures 2, 4, 5 montrent, par exemple, des néoformations osmiophiles (*no*), oblongues et orientées, non loin de la plaque cellulaire, pourvues de membranes parallèles, et qui paraissent elles-mêmes entourées d'une pellicule dense. Il ne nous est pas possible d'interpréter ces néoformations évidentes, alors que, plus près des chromosomes télophasiques, se trouvent des dictyosomes (*fig.* 3, *d*) indiscutables, mais dont l'origine reste à élucider.

D'autre part, des membranes osmiophiles, de même aspect que celles qui produisent de l'ergastoplasme, se constituent autour des masses chromosomiques lobées de la télophase, et en épousent étroitement le contour : elles édifieront la double membrane, munie de pores, des futurs noyaux interphasiques.

Explication des figures.

Le trait noir, au bas de chaque figure représente, soit 1 μ (*fig.* 1 et 3), soit 0,1 μ (*fig.* 2, 4, 5, 6 et 7).

Fig. 1. — Vue d'ensemble d'une cellule en télophase. On voit les deux masses chromosomiennes lobées *chr* résultant du tassement polaire, et, entre elles, le phragmoplaste à l'équateur duquel s'édifie la « plaque cellulaire » constituée de petites vacuoles, considérées classiquement comme pectiques. Entre ces vacuoles se trouvent des stries sombres, attribuées à la « fibrillation » du « fuseau » de cytodiérèse. De part et d'autre le cytoplasme, encore indivis, renferme, mêlés sans ordre, des chondriosomes (*m*), des dictyosomes (*d*), et des vacuoles (*v*). (G × 5 000.)

Fig. 2. — Portion grossie de la partie inférieure de la plaque cellulaire de la figure 1. Les vacuoles pectiques (*vp*) s'entourent d'une membrane dense (future pellicule ectoplasmique). Les travées sombres (*tr*), d'où provient l'aspect strié sont dues à une substance fondamentale osmiophile, finement granuleuse, dans laquelle naissent des tubules ergastoplasmiques; les vacuoles sont encore distantes et l'établissement des plasmodesmes est encore indécis.

Près de la plaque cellulaire se différencient des néoformations osmiophiles (*no*) où semblent naître des membranes. Le devenir de ces structures et leur interprétation ne sont pas élucidés. (G × 58 000.)

Fig. 3. — Vue d'ensemble d'un phragmoplaste, au début de la télophase, lorsque la « plaque cellulaire » commence à s'édifier. On voit, entre les vacuoles pectiques équatoriales, les tractus osmiophiles qui déterminent la fibrillation et d'autres, sinueux et moins empâtés (*e*)

plus loin de l'équateur. De part et d'autre, le cytoplasme est encore indivis. Des dictyosomes indubitables (*d*) existent dans le phragmoplaste, près des extrémités des chromosomes télophasiques (*chr*), d'autres se trouvent dans le cytoplasme environnant, mêlés aux mitochondries (*m*). (G × 12 000.)

Fig. 4 et 5. — Détails plus grossis de la plaque cellulaire de la figure 3; fragments situés de part et d'autre de la région médiane.

On voit que les travées sombres (*tr*), responsables de la fibrillation, renferment une substance fondamentale osmiophile, des « grains de Palade » plus serrés et des membranes ergastoplasmiques (*e*) encore discrètes.

Ces travées deviennent plus sombres entre les vacuoles pectiques où elles constituent les futurs plasmodesmes (*p*). On retrouve comme sur la figure 2, les néoformations osmiophiles (*no*), pourvues de membranes. (G × 58 000.)

Fig. 6. — Détail d'une partie d'une autre plaque cellulaire, montrant l'installation des plasmodesmes pourvus d'ergastoplasme tubulaire, des vacuoles pectiques au maximum de leur volume, et vraisemblablement confluentes, et le début de formation de la nouvelle pellicule ectoplasmique (*pe*). (G × 58 000.)

Fig. 7. — Très jeune membrane, d'épaisseur très inférieure aux vacuoles pectiques précédentes. On y voit le contour encore tourmenté de la pellicule ectoplasmique et les entonnoirs des plasmodesmes, cernés d'un anneau sombre *a*, et traversés par l'ergastoplasme (*e*). *d*, dictyosome dont la structure semble imparfaite; *m*, mitochondrie méristématique; *pl*, leucoplaste encore indifférencié. (G × 58 000.)

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 198.

(2) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1532.

(*Laboratoire de Botanique de l'École Normale supérieure.*)

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le colutéoside, flavonoïde des fleurs et des feuilles du* Colutea arborescens *L.* Note (*) de M. **René-Raymond Paris**, présentée par M. René Souèges.

Des feuilles fraîches de Baguenaudier a été isolé un nouvel hétéroside flavonique fournissant, par hydrolyse acide, du glucose et une génine en $C_{16}H_{12}O_6$, qui serait un dihydroxyméthoxyflavonol. Pour ce nouveau glucoside, est proposé le nom de *colutéoside*.

Continuant nos recherches sur les dérivés flavoniques des Légumineuses, après avoir étudié en particulier le *Sarothamnus Scoparius* Koch, l'*Acacia floribunda* Willd., l'*Ulex europæus* L., le *swartzia madagascariensis* L. (1) et le *Cytisus Laburnum* L. (2), nous nous sommes adressé aux feuilles et aux fleurs de Baguenaudier chez lesquelles, au cours d'essais préliminaires, avaient été mis en évidence des pigments flavoniques.

L'extraction a été effectuée à partir des organes frais; la méthode utilisée est très voisine de celle que nous avons employée depuis de nombreuses années pour la préparation de divers flavonoïdes. Les feuilles

fraîches sont stabilisées par traitement au méthanol bouillant (six fois le poids de la plante), sous réfrigérant à reflux pendant 30 mn. Après filtration de la liqueur, les feuilles sont séchées puis broyées. La poudre est de nouveau épuisée à l'alcool méthylique bouillant pendant 1 h. Les colatures sont concentrées sous pression réduite jusqu'à élimination presque totale de l'alcool; on ajoute alors 3 à 4 vol. d'eau distillée. On laisse floculer la chlorophylle et diverses impuretés pendant 24 h. Le filtrat est de nouveau concentré jusqu'à début de trouble; la liqueur aqueuse encore tiède est dégraissée à l'éther, puis mise au réfrigérateur pendant quelques jours. Il se forme un précipité jaune clair qui est recueilli sur un entonnoir de Büchner; cette poudre donne une coloration rouge intense avec des copeaux de magnésium en milieu chlorhydrique (réaction de la cyanidine); il s'agit des flavonoïdes totaux à l'état brut; le rendement est d'environ 2 ‰. La purification peut s'effectuer, soit par recristallisation à chaud dans l'alcool à 80° (si l'on utilise un alcool de titre inférieur, le produit se prend en masse par refroidissement), soit par épuisement du produit lavé à l'éther, dans un appareil genre Kumagawa, par l'acétate d'éthyle additionné de 5 % d'alcool éthylique. Un produit analogue a pu être obtenu à partir des fleurs, mais avec beaucoup plus de difficulté. Il se présente sous forme d'une poudre jaune clair, sans odeur ni saveur, ayant au microscope un aspect cristallisé (aiguilles). Le point de fusion instantané est de 299° (bloc Maquenne) et le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D = -83°$ (pyridine). Cette substance est insoluble dans le benzène, le chloroforme, l'éther peu soluble à froid dans l'acétate d'éthyle, dans l'alcool et dans l'eau. A 105°, sous une pression de 20 mm de mercure, la perte en eau est de 0,7 %. Le spectre ultraviolet (effectué en solution alcoolique à 1 pour 50 000) présente un premier maximum à 2 680 Å et un deuxième moins accentué à 3 450 Å, il existe deux minimums à 2 420 et 2 800 Å.

En chromatographie ascendante à 20°, le R_f est de 0,35 avec le mélange de Partridge (butanol acétique).

Cette substance présente nettement les réactions colorées des flavonoïdes et, en particulier, celles des flavonols : coloration rouge avec l'acide chlorhydrique et le magnésium, fluorescence jaune vert avec le chlorure d'aluminium, teinte jaune avec le trichlorure d'antimoine.

Par hydrolyse acide (acide sulfurique normal au bain-marie pendant 4 h), on obtient 58 % de génine insoluble. Dans la partie aqueuse, après neutralisation par le carbonate de baryum, a pu être caractérisé, par la chromatographie sur papier et l'osazone, le glucose. Après recristallisation dans l'éther, la génine se présente sous forme de poudre cristalline (aiguilles, jaune vif, de pF 199-201° (bloc Maquenne), la perte de poids à 100° est de 4,87 %. L'analyse élémentaire a donné les résultats suivants : $C_{16}H_{12}O_6$, H_2O, trouvé %, C 61,10; 60,99; H 4,71; 4,56; calculé %,

C 60,37; H 4,46; ont été également déterminées les teneurs en méthoxyle (7,4 %) et en hydroxyles acétylables (13,7 % par acétylation pyridinée pF du dérivé acétylé : 220°). Le spectre ultraviolet, voisin du kempférol, présente deux maximums à 2 700 et 3 700 Å et deux minimums à 2 430 et 3150 Å. D'après ces résultats, la substance isolée serait un glucoside d'un dihydroxyméthoxyflavonol, la génine étant isomère de la rhamnocitrine du *Rhamnus cathartica* et du kempféride d'*Alpinia officinarumance.*

Cet hétéroside ne semble pas, à notre connaissance, pouvoir être identifié à un flavonoside déjà connu; nous proposons de le dénommer *colutéoside.*

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 170.

(2) *Comptes rendus*, **245**, 1957, p. 443.

ZOOLOGIE. — Otohydra vagans *n. g., n. sp., Hydrozoaire des sables, apparenté aux Halammohydridées.* Note (*) de MM. **Bertil Swedmark** et **Georges Teissier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Sur la côte Nord du Finistère, le banc de Trezen à Koden, que la carte marine signale comme fait de « coquilles moulues », s'étend par des fonds de 40 à 60 m, sur plusieurs milles carrés, à l'Ouest de Batz et au Nord de Plouescat et de Cleder. La microfaune que renferment ces sables, composés presque exclusivement de menus fragments de coquilles, ne comporte, pour chaque espèce, que des populations très clairsemées, mais ces espèces sont très diverses et souvent remarquables. Parmi les Cnidaires se rencontrent, à côté d'*Armorhydra janowiczi* que nous avons décrit tout récemment (1), une *Halammohydra* très différente des trois espèces déjà connues et un autre Hydrozoaire que nous croyons appartenir à une famille nouvelle et que nous nommerons *Otohydra vagans* n. g., n. sp.

Otohydra vagans se déplace d'une nage incessante, pôle aboral en avant, par le seul jeu de ses mouvements ciliaires, dans les interstices du sable. Sa taille est très minime; pour l'adulte, elle ne dépasse pas 350 μ et les tentacules en pleine extension ne mesurent pas plus de 500 μ. Le corps, entièrement cilié, ovoïde et sans trace d'organe fixateur ou adhésif, porte une couronne de tentacules entourant un hypostome, courte trompe très rétractile qui se termine par une bouche très dilatable. A la base des tentacules et du côté interne s'attachent des statocystes. Chez la plupart des individus, on compte de 12 à 16 tentacules et de 8 à 12 statocystes, les plus grands ayant 24 tentacules et 12 statocystes.

La structure des *Otohydra* jeunes est tout à fait comparable à celle d'un polype d'Hydraire, à la présence de statocystes près (*fig.* 1 D). L'ectoderme ne présente pas de différenciations régionales autres que celles qui sont normales sur les tentacules; l'endoderme est fait de cellules à mucus étroites et hautes dans l'hypostome, de grosses cellules vésiculeuses dans la région gastrale et d'une file de cellules chordales dans les tentacules.

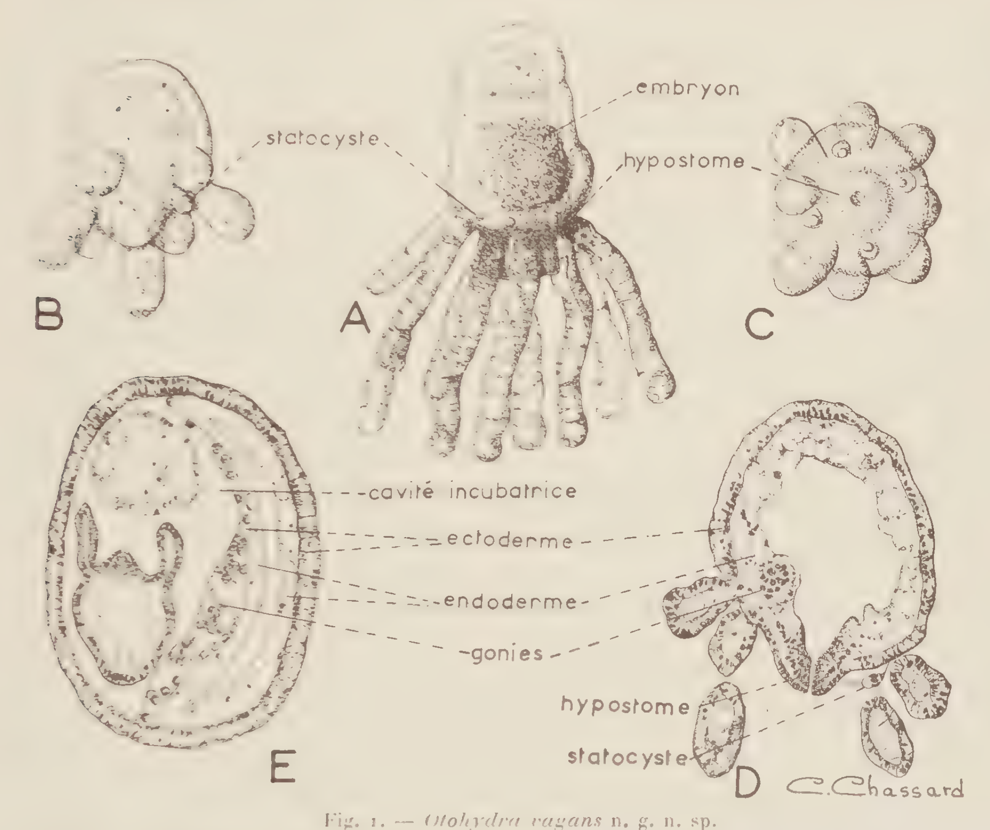


Fig. 1. — *Otohydra vagans* n. g. n. sp.

A, adulte en reproduction (× 90); B et C, jeune venant de sortir de la cavité incubatrice (× 125); B, de profil; C, vu par la face orale; D, coupe axiale d'un jeune individu; E, coupe oblique d'un adulte en gestation.

Les statocystes, qu'un très mince pédicule rattache à la paroi du corps, sont sphériques comme la grosse concrétion qu'ils renferment et ont un diamètre de 12 à 15 μ. Leur structure est celle des lithostyles des Limnoméduses et leur paroi, épaisse à la base qui renferme les corps cellulaires, se réduit du côté distal à une mince membrane anhyste. Les cnidocystes, tous semblables, sont particulièrement nombreux à l'extrémité des tentacules; ce sont des sténotèles dont les plus grands mesurent jusqu'à 20 μ.

La croissance s'accompagne d'une augmentation notable des dimensions cellulaires, qui se traduit surtout par un fort épaississement de l'ectoderme

de la région gastrale et de l'endoderme de l'hypostome, mais les modifications les plus remarquables portent sur la région gastrale et sont la conséquence du développement sexuel.

Otohydra vagans est hermaphrodite; elle incube ses œufs et a un développement direct. Les gonies, déjà reconnaissables chez le jeune encore enfermé dans le corps du parent, sont incluses dans l'ectoderme de la région gastrale, au voisinage immédiat de la mince lame de mésoglée qui le sépare de l'endoderme. Chez l'adulte, elles constituent deux gonades, l'une femelle, allongée en fuseau, l'autre mâle, sphérique, plus proche de la couronne tentaculaire. Les ovocytes s'accroissent successivement et n'arrivent à maturité que l'un après l'autre; l'ovule proportionnellement très volumineux, mesure environ 100 μ. La maturation, la fécondation et le développement embryonnaire se succèdent dans une cavité incubatrice qui se forme entre l'ectoderme et l'endoderme de la région gastrale, par clivage de la lame de mésoglée au niveau de la gonade femelle. Cette cavité grandit sous la pression des embryons qu'elle renferme, en refoulant l'endoderme et en réduisant par là même le volume de la cavité digestive. Elle occupe chez l'adulte plus de la moitié du corps de l'animal et renferme généralement à ce moment deux ou trois embryons à des stades divers de développement et un ovocyte en fin de période de grand accroissement (*fig.* 1 E). La segmentation de l'œuf est totale et la gastrulation se fait par délamination syncytiale. Le jeune, à la naissance, a 8 tentacules et 4 statocystes et son organisation est tout à fait semblable à celle de l'adulte.

Les seuls Hydrozoaires qui puissent être utilement rapprochés d'*Otohydra vagans* sont les *Halammohydra*, les deux genres pouvant être décrits comme étant des Actinules porteuses de lithostyles ([1]). Mais les différences entre les deux genres sont importantes et, compte tenu des caractères généralement utilisés pour séparer les genres, les familles et les ordres chez les Hydrozoaires, il semble nécessaire de placer *Otohydra* dans une famille nouvelle. Les Otohydridées et les Halammohydridées devront vraisemblablement être placées dans un nouvel ordre, celui des Actinulides, dont les relations avec les Trachylides restent encore à préciser.

(*) Séance du 30 juin 1958.

([1]) B. Swedmark et G. Teissier, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 133.

([2]) B. Swedmark et G. Teissier, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 82, 1957, p. 38-49.

ENDOCRINOLOGIE. — *Étude des effets de l'avitaminose* B_1 *et de l'adjonction de vitamine C au régime carencé sur le développement de l'appareil génital du Rat mâle.* Note (*) de M. **Paul Delost**, Mme **Hélène Delost** et Mlle **Thérèse Terroine** [1], présentée par M. Robert Courrier.

La carence en B_1 retarde considérablement chez le jeune Rat : le développement pondéral du testicule, l'apparition de la spermatogenèse et la sécrétion de la glande interstitielle. Bien que cette inhibition ne soit probablement pas spécifique de la carence, elle ne peut être entièrement expliquée par la sous-nutrition. L'acide ascorbique exerce une protection préventive vis-à-vis de l'avitaminose B_1.

Peu d'auteurs ont recherché l'action de la carence en vitamine B_1 sur l'appareil génital. Ils ont constaté des troubles variables : ralentissement du développement pondéral du testicule, arrêt partiel de la spermatogenèse, atrophie plus ou moins importante des glandes annexes; pour les uns ces modifications sont spécifiques de la carence en B_1 [2], [3], pour les autres elles ne le sont pas car elles existent aussi chez les témoins en alimentation restreinte [4], [5]. Poursuivant l'étude des effets de la carence en B_1 sur les glandes endocrines du jeune rat [6], nous rapportons ici les résultats concernant le développement de l'appareil génital au cours de l'avitaminose B_1 et le rôle protecteur de l'acide ascorbique vis-à-vis de cette carence.

Techniques. — De jeunes rats mâles Wistar âgés de 30 jours, séparés en quatre lots de 10 à 12 individus, ont été soumis respectivement aux régimes suivants : 1° régime ordinaire de carence B_1; 2° régime carencé en B_1 et supplémenté en vitamine C à raison de 3 g% de ration; 3° régime témoin complet donné *ad libitum*; 4° régime témoin complet donné en quantité restreinte égale à celle ingérée par les animaux privés de B_1 [7]. Ces animaux ont été sacrifiés après un mois de traitement. Les deux vésicules séminales pleines ainsi qu'un testicule ont été pesés; le tractus génital en entier a été fixé, coupé en série et coloré. L'examen histologique a porté sur : le testicule, la vésicule séminale, les divers lobes prostatiques, l'épididyme et le canal déférent.

Résultats (*voir* tableau). — 1. *Testicule.* — La carence en B_1 inhibe le développement pondéral du testicule; l'alimentation restreinte le ralentit fortement, mais moins que la carence en B_1. L'adjonction d'acide ascorbique au régime de carence permet un développement pondéral très supérieur à celui des carencés et des témoins restreints (les différences sont hautement significatives : $p < 0{,}001$). Alors que la spermatogenèse est intense chez tous les témoins *ad libitum*, chez les rats en avitaminose B_1 le développement de la lignée séminale est plus ou moins avancé : dans 40 % des cas, le tube séminipare est seulement aux premiers stades de la pré-

spermatogenèse (spermatocytes, dont beaucoup dégénèrent sans achever leur évolution); chez 40 % des rats carencés on trouve des spermatozoïdes, mais la spermatogenèse est inégale suivant les tubes séminipares et les individus : nombreux spermatozoïdes dans certains tubes, rares dans d'autres, ou bien stade de préspermatogenèse. Enfin dans 20 % des cas la spermatogenèse est aussi active que chez les témoins *ad libitum*. Chez les animaux carencés nous n'avons constaté ni déformation des tubes ni lésion des éléments de Sertoli; la glande interstitielle est en général moins développée que chez les témoins normaux, les cellules sont plus petites et les plages moins larges. Le testicule de tous les témoins restreints contient de nombreux spermatozoïdes, mais des tubes séminipares ne sont encore qu'au stade de préspermatogenèse ou n'ont que quelques rares spermatozoïdes. Chez les carencés supplémentés en acide ascorbique, la spermatogenèse est comparable à celle des témoins nourris *ad libitum*.

Valeur moyenne du poids du corps, du poids d'un testicule et du poids des deux vésicules séminales, chez les rats témoins, carencés en B_1 *et traités par l'acide ascorbique, à l'âge de* 60 *jours.*

Régimes.	Poids du corps (g).	Poids d'un testicule (g).	Poids des deux vésicules séminales (mg).
Témoins *ad libitum*	170,5 ± 3,82	1,027 ± 0,05	205,9 ± 37,6
» restreints	111,6 ± 2,75	0,659 ± 0,07	29,7 ± 4,1
Carencés en B_1	67,9 ± 1,20	0,416 ± 0,05	19,7 ± 3,8
» en B_1 + vitamine C	131,2 ± 2,69	0,881 ± 0,07	121,5 ± 31,3

2. *Glandes annexes.* — Chez les carencés le développement pondéral de la vésicule séminale est fortement inhibé; l'épithélium est atrophié ou faiblement stimulé. Les lobes prostatiques ventraux sont bien développés et stimulés; les lobes dorsaux et latéraux sont peu stimulés ou atrophiés. La croissance des glandes annexes des témoins restreints est ralentie, bien qu'à un degré moindre que chez les carencés; chez les carencés supplémentés en vitamine C elle est très améliorée.

3. *Voies spermatiques.* — L'épithélium de l'épididyme et celui du canal déférent sont relativement bien stimulés chez les carencés en B_1. Toutefois l'importance de la stimulation ainsi que le diamètre du canal déférent ne sont pas les mêmes chez les carencés et les témoins; on peut les ranger par ordre croissant de la manière suivante : carencés, témoins restreints, témoins *ad libitum*; les carencés supplémentés en acide ascorbique occupant une position intermédiaire entre les témoins restreints et les témoins *ad libitum*.

Conclusions. — La carence en B_1 produit donc un ralentissement du développement du tractus génital, qui touche à la fois la lignée séminale

et la glande interstitielle; elle ne provoque pas de lésions particulières. Ces troubles ne paraissent pas être spécifiques de la carence en B_1 puisque nous les avons constatés chez les témoins restreints. Ils pourraient être dus à la sous-nutrition qui freinerait la sécrétion des gonadostimulines hypophysaires. Toutefois l'inhibition de l'appareil génital des carencés en B_1 ne peut être entièrement expliquée par la sous-nutrition, car elle est beaucoup plus importante chez les carencés que chez les témoins restreints qui absorbent la même quantité de nourriture. Par contre, la protection relative exercée par l'acide ascorbique pourrait être consécutive au maintien d'un appétit subnormal.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) Avec la collaboration technique de L. F. Buisson, G. Roux et A.-M. Vincent.

(2) G. Hundhausen, *Arch. Exp. Path. Pharmacol.*, 192, 1939, p. 670.
(3) C. Lutwak-Mann et T. Mann, *Nature*, 165, 1950, p. 556.
(4) C. R. Moore et L. T. Samuels, *Amer. J. Physiol.*, 96, 1931, p. 278.
(5) F. R. Skelton, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 73, 1950, p. 516.
(6) P. Delost et T. Terroine, *C. R. Soc. Biol.*, 152, 8 mars 1958.
(7) T. Terroine, *Arch. Sc. Physiol.*, 11, 1957, p. 273.

BIOLOGIE. — *Effets d'irradiations chez* Locusta migratoria *L.* Note (*) de M. **Pierre Joly** et Mme **Geneviève Biellmann**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La mue chez les Insectes comportant une succession d'activités physiologiques bien déterminées, il nous a semblé intéressant de voir s'il était possible de bloquer l'une ou l'autre d'entre elles par une dose convenable de rayons X.

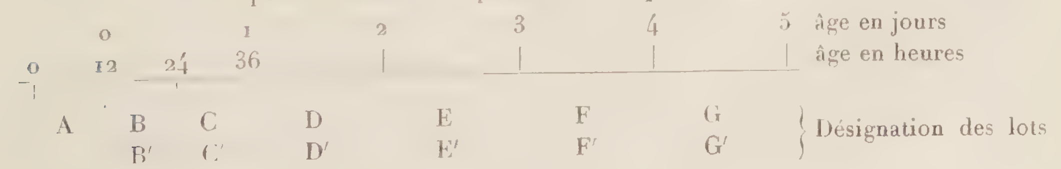
Nos expériences ont porté sur des lots de *Locusta migratoria* au stade IV. Les rayons utilisés sont produits sous 50 kW et 10 mA; la dose administrée est la moitié de la dose mortelle pour l'adulte, soit 4 700 r.

Une partie des animaux (lots A, B, C, D, E, F, G) a subi une irradiation totale, les autres (lots B′, C′, D′, E′, F′, G′) avaient la tête et le prothorax protégés par un écran de plomb pendant l'irradiation. Pour chaque lot l'irradiation a été pratiquée à un âge déterminé (compté à partir de la troisième mue) :

Tableau I.

Age auquel ont été irradiés les divers lots.

La durée de survie des animaux irradiés est comptée elle aussi à partir de la troisième mue pour le stade IV et quatrième mue pour le stade V.



Durée de survie des animaux irradiés.

Désignation du lot.	Durée du stade IV (âge au moment de la mort ou de la 4ᵉ mue).			Durée du stade V (âge au moment de la mort ou de la 5ᵉ mue).		
	Durée moyenne.	Nombre d'individus.	$\frac{\sigma^2}{n}$.	Durée moyenne.	Nombre d'individus.	$\frac{\sigma^2}{n}$.
Témoins..........	5	–	–	7		
A...............	6,43	7	0,29	–	–	–
B...............	6,70	5	0,14	–	–	–
B′..............	7,25	4	0,15	–	–	–
C...............	9,67	9	0,10	–	–	–
C′..............	10,50	3	0,67	–	–	–
D...............	9,20	8	0,49	1 (*)	–	–
D′..............	8,75	4	1,58	–		–
E...............	4,75	8	0,04	7,4 (**)	8	0,25
E′..............	6,12	4	0,44	9,0 (**)	2	4,00
F...............	4,75	4	0,06	6,3	9	0,52
F′..............	4,50	4	0,00	10,7	4	1,42
G...............	6,00	4	0,15	6,8 (**)	6	0,50
G′..............	5,60	3	0,12	10,2	3	0,75

(*) Un individu unique a accompli sa quatrième mue et est mort aussitôt après.

(**) On n'a pas tenu compte pour le calcul de la durée moyenne de vie au stade V d'un individu mort aussitôt après la quatrième mue, ce genre de mort étant accidentel.

L'examen des chiffres ci-dessus montre tout d'abord qu'il n'existe pour ainsi dire aucune différence entre les animaux irradiés totalement et ceux dont la tête a été épargnée : l'écart entre les valeurs fournies par les deux types d'animaux ne dépasse le seuil de signification que dans un seul cas, la durée du stade V pour les animaux des groupes G et G′.

$$\bar{x} - \bar{x}' = 10,2 - 6,8 = 3,4.$$

$(\sigma$ [illegible] $,58).$

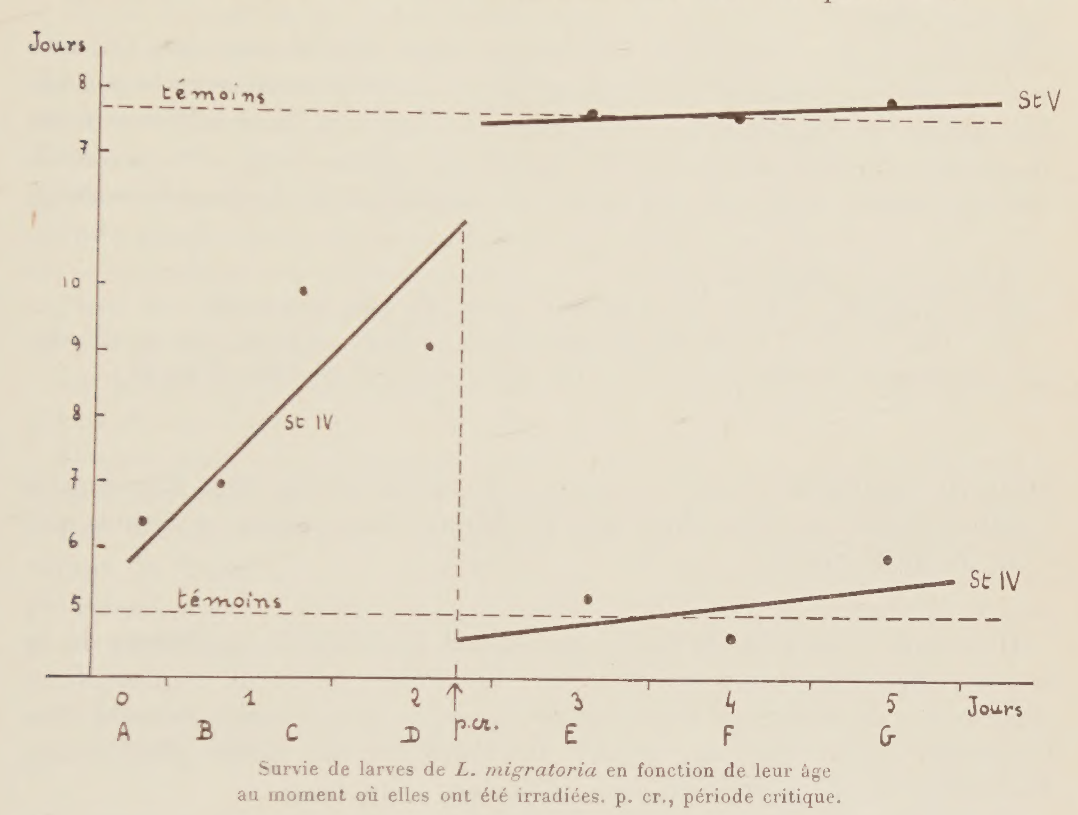
La différence étant faible peut raisonnablement être attribuée à la différence du volume irradié dans les deux cas d'où l'on peut conclure que le retard des mues et la mort des animaux ne sont pas dus à une action spécifique des rayons sur l'appareil endocrine ou le système nerveux céphalique, mais soit à une action toxique générale, soit à une action directe sur le tégument.

C'est donc sur l'ensemble de ces 67 animaux qu'a été étudié l'action de la date de l'irradiation (par rapport au cycle des mues) sur le sort ultérieur de l'animal. Cette action est représentée par le schéma ci-joint.

1° On voit que les animaux irradiés moins de trois jours après la troisième mue (groupes A, B, C et D) meurent au stade IV sans effectuer leur quatrième mue (une seule exception sur 40 cas).

2° Les animaux irradiés très précocement (A et B irradiés moins de 24 h

après la troisième mue) meurent plus précocement que ceux irradiés un peu plus tard. La différence de survie trouvée entre les groupes A et B n'est pas significative pas plus que celle entre C et D, par contre celle observée entre l'ensemble A-B et l'ensemble C-D l'est; de même la différence entre A, B, C ou D et les témoins l'est dans les quatre cas.



Survie de larves de *L. migratoria* en fonction de leur âge au moment où elles ont été irradiées. p. cr., période critique.

3° Les animaux irradiés 3 jours ou plus après la troisième mue (groupes E, F, G) effectuent leur quatrième mue dans les délais normaux, les différences de durée du stade IV de ces trois groupes avec la durée du stade IV des témoins n'étant pas significative.

4° Les animaux ayant effectué leur quatrième mue sont tous morts au stade V à un âge voisin de celui où les témoins accomplissaient leur mue imaginale. Aucun n'a effectué sa cinquième mue.

Conclusion. — Cette étude montre qu'une dose de rayons X supportable pour un adulte tue une larve de *Locusta migratoria.* Si l'irradiation est pratiquée avant une certaine période critique, l'irradiation empêche la mue prochaine bien que l'animal survive au-delà de la date de mue des témoins; passé cette période critique, l'irradiation est sans aucun effet sur la prochaine mue qui se produit dans des délais parfaitement normaux mais empêche la mue suivante.

On pourrait songer à attribuer ce blocage de la quatrième mue par les irradiations précoces à l'arrêt de la production d'une substance nécessaire à la mue, qui existerait déjà avant l'irradiation dans le cas où celle-ci est pratiquée tardivement. Mais les organes endocrines contrôlant la mue (actuellement connus) sont tous localisés dans la tête, dont l'irradiation est sans effet.

Par contre, des recherches antérieures nous ont montré que la date de 60 h après la troisième mue coïncide approximativement avec la période des mitoses et du décollement cuticulaire préparant la quatrième mue. Il est donc plus vraisemblable de songer à une action directe des rayons X sur l'hypoderme entravant les processus d'initiation de la quatrième mue.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) CH. GRÉGOIRE, *Arch. Internat. Physiol. Bioch.*, 63, 1955, p. 246-248.

(2) P. JOLY, L. JOLY et M. HALBWACHS, *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 11e série, 1955, p. 257-261.

(3) STRICH et M. HALBWACHS, *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 11e série, 16, 1954, p. 399-411.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'autogreffe de la trompe chez* Eunemertes echinoderma (*Marion*). Note de Mlle **MARIE GONTCHAROFF**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note précédente (1) j'ai décrit l'autotomie spontanée de la trompe chez *Eunemertes echinoderma*, autotomie suivie de régénération, en présence de la trompe autotomisée en survie dans le rhynchocœle. Des recherches ultérieures ont permis de constater un autre phénomène, l'*autogreffe* de la trompe expérimentalement détachée.

Trois séries d'interventions ont été réalisées : A, section de la trompe à son insertion antérieure, l'insertion postérieure étant respectée; B, section de la trompe à son insertion antérieure et en même temps section postérieure qui détache le muscle rétracteur de la paroi du rhynchocœle; C, section de la trompe à son insertion antérieure suivie de l'ablation de l'extrémité antérieure de cet organe.

Les opérations sont pratiquées sans anesthésie; la trompe n'est pas éjectée et reste dans le rhynchocœle. La cicatrisation est rapide et, dès le lendemain, on peut vérifier, par l'examen sur le vivant, que la trompe dans tous les cas est bien dans le rhynchocœle, et que, dans la série B, elle est libre de toute attache.

On réalise ainsi expérimentalement ce que nous avons décrit dans la Note précédente; en effet, dans un certain nombre de cas, on assiste à la régénération complète d'une nouvelle trompe en présence de l'ancienne.

Mais chez un certain nombre d'opérés des trois séries, nous avons pu

suivre une évolution très différente : après la section au point d'insertion antérieure se forme bien un bourgeon de régénération et deux, trois et quatre jours après l'opération se produit une autogreffe, l'extrémité antérieure de la trompe sectionnée vient se greffer sur le bourgeon de régénération reconstituant ainsi un organe complet.

Or, le bourgeon de régénération est potentiellement capable de régénérer la structure complexe d'une trompe armée en son entier. La trompe détachée qui vient se greffer sur ce bourgeon inhibe alors sa différenciation ultérieure. Le bourgeon de régénération ne donnera que la région tout antérieure, la plus grande partie de l'organe reconstitué provenant du greffon : l'ancienne trompe détachée. L'autogreffe a lieu, même si la plus grande partie de la région antérieure de la trompe est enlevée (série C), de sorte qu'après soudure du bourgeon et de la trompe, l'appareil stylifère, au lieu de se trouver dans le tiers postérieur du corps, se trouve reporté en avant vers le tiers antérieur de l'animal.

La possibilité d'autogreffe est un argument de valeur en faveur de la survie de cet organe dans le rhynchocœle.

D'autre part, on remarquera que la présence de la trompe détachée dans le rhynchocœle n'empêche pas la régénération d'une trompe complète.

Par contre, l'autogreffe se produisant un certain temps après l'opération, le bourgeon de régénération se forme bien comme dans le cas précédent, mais la greffe inhibe la différenciation ultérieure du bourgeon et ne permet pas la réalisation de toutes ses potentialités.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 1296.

(*Faculté des Sciences, Marseille.*)

La séance est levée à 15 h 35 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 21 avril 1958.)

Note présentée le même jour, de MM. *Robert Busnardo*, *Michel Durand Delga* et *Paul Fallot*, Le contact frontal du Subbétique entre le massif du Revolcadores et la Sierra Sagra (provinces de Grenade et de Murcie, Espagne) :

Page 2325, 25e ligne, *au lieu de* au Miocène supérieur, *lire* à l'Helvétien.

» » 27e ligne, *au lieu de* au Miocène moyen ou supérieur, *lire* après la fin du Burdigalien et avant celle de l'Helvétien.